

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра харчових технологій

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до кваліфікаційної роботи  
ступеня вищої освіти «Магістр»  
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва  
стрічкових макаронних виробів з борошна  
амаранту**

**Виконала:** здобувач вищої освіти 2 курсу,  
групи МГХТ-1-21  
освітньо-професійної програми «Харчові технології»  
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Олександр РОДИГІН

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Вікторія КАЛИНА

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Станіслав ЗУБКО

Дніпро 2022

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри  
технології зберігання і переробки  
сільськогосподарської продукції,  
кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«18» жовтня 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Родигіну Олександрю Андрійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва стрічкових макаронних виробів з борошна амаранту».

Керівник роботи: Калина Вікторія Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» жовтня 2022 року № 3009.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 06 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Наукова література. 2. Технологія виробництва макаронних виробів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Матеріали і методи дослідження. 3 Експериментальна частина. 4 Організаційно-економічна частина. 5 Охорона

праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальний висновок. Список використаних джерел. Додатки.

#### 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Актуальність проблеми. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Результати досліджень.

4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцентка КАЛИНА Вікторія	18.10.2022	06.12.2022
5	доцент ДЕРКАЧ Олексій	18.10.2022	06.12.2022
6	доцентка ПАВЛЕНКО Олена	18.10.2022	06.12.2022

7. Дата видачі завдання 18 жовтня 2022 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	18.10-20.10.2022	виконано
2	Огляд літератури	21.10-30.10.2022	виконано
3	Матеріали і методи дослідження	31.10-04.11.2022	виконано
4	Експериментальна частина	05.11-16.11.2022	виконано
5	Організаційно-економічна частина	17.11-21.11.2022	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	22.11-30.11.2022	виконано
7	Загальний висновок та список використаних джерел	01.12-02.12.2022	виконано
8	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	03.12-05.12.2022	виконано

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Олександр РОДИГІН  
( підпис )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Вікторія КАЛИНА  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Обґрунтування технології виробництва стрічкових макаронних виробів з борошна амаранту» складається з пояснювальної записки та демонстраційної частини.

Розробити рецептуру для виготовлення макаронних виробів на основі цільнозернового борошна з зерна амаранту та обґрунтувати доцільність її використання на підприємствах.

Галузь застосування – підприємство по виготовленню безглютенових макаронних виробів.

Доведено актуальність розширення асортименту продукції, можливість їх виробництва, розроблено економічно-ефективну рецептуру. Розроблено і продемонстровано методи виготовлення макаронних виробів та результати опитування майбутніх споживачів.

Значимість роботи та висновки – кваліфікаційна робота надає відомості, які необхідні для вирішення проблеми виробництва макаронних виробів з амарантового борошна. Розширення асортименту макаронних виробів, що не містить глютену призведе до утворення ринкової конкуренції та буде спонукати виробників створювати нові види безглютенової продукції. Оптимальна рецептура становить: додавання до борошна 15% альбуміну, 0,7% ксантанової та 0,5% гуранової камеді, вологість тіста, при виготовленні слід тримати на рівні  $32 \pm 2\%$ , температура води, що вноситься в тісто повинна бути більше  $80^\circ\text{C}$ . Треба зазначити, що за цієї рецептури вироби мають високі органолептичні, оптимальні фізико-хімічні показники якості, але міцність локшини сильно знижена. Через це пакування даних виробів має бути тверде, що буде захищати вироби від деформації

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МАКАРОННІ ВИРОБИ БЕЗГЛЮТЕНОВІ, АМАРАНТ, ЦІЛЬНОЗЕРНОВЕ БОРОШНО АМАРАНТА, КСАНТАНОВА КАМЕДЬ, ГУАРАНОВА КАМЕДЬ, АЛЬБУМІН

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	8
1.1 Актуальність вивчення виробництва безглютенових макаронних виробів з борошна амаранту.....	8
1.2 Загальні відомості щодо виробництва макаронних виробів з амаранту.....	8
1.3 Постанова задачі дослідження, характеристика об'єкту і предмету дослідження.....	21
1.4 Характеристика сировини для виробництва макаронних виробів.	21
2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	26
2.1 Загальний план досліджень .....	26
2.2 Матеріали і реактиви що використані в роботі.....	26
2.3 Методи дослідження .....	27
2.3.1 Визначення вологості тіста .....	27
2.3.2 Температура води для замісу.....	28
2.3.3 Твердість сирих виробів.....	28
2.3.4 Час варіння.....	29
2.3.5 Втрати під час варіння.....	29
2.3.6 Вологість виробів.....	29
2.3.7 Кислотність.....	30
2.3.8 Стан до та після варіння .....	30
2.3.9 Смак.....	30
2.3.10 Запах.....	31
2.3.11 Колір.....	31
2.3.12 Метод оцінки органолептичних показників .....	31
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	33
3.1 Постановка задачі дослідження .....	33

	5
Найменування показника .....	34
Характеристика.....	34
3.2 Проведення дослідження .....	34
3.2.1 Приготування тіста .....	34
3.2.2 Температура води для замісу .....	38
3.3.3 Визначення оптимальної вологості тіста.....	39
3.3.4 Тривалість варіння .....	40
3.3.5 Твердість сирих виробів .....	41
3.3.5 Втрати під час варіння.....	42
3.3.6 Вологість виробів.....	44
3.3.7 Кислотність виробів.....	45
3.3.8 Органолептичні показники якості.....	46
3.3.9 Розрахунок калорійності .....	47
3.3.10 Маркетингові дослідження .....	48
Висновки до розділу.....	53
4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55
4.1 Організація досліджень.....	55
4.1.1 План проведення дослідження .....	56
4.1.2 Витрати пов'язані з проведенням дослідження .....	60
4.1.5 Розрахунок вартості дослідження.....	63
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	64
5.1 Організація охорони праці в лабораторії освітнього закладу.....	64
5.2 Аналіз стану охорони праці в харчовій лабораторії .....	65
5.3 Аналіз виробничого травматизму.....	66
5.4 Заходи з поліпшення охорони праці у господарстві.....	69
5.4.1 Атмосферний тиск .....	69
5.4.2 Вимірювання температури повітря.....	70

5.4.3 Вимірювання вологості повітря .....	70
5.4.4 Аналіз метеорологічних показників .....	71
5.5 Розробка інструкції з охорони праці і безпеки праці при роботі з сушильною шафою .....	72
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
ДОДАТКИ.....	83

## ВСТУП

Макаронні вироби – харчовий продукт, який виробляється шляхом змішування борошна твердих сортів пшениці та води.

Звичайні макаронні вироби, виготовлені з пшениці, проявляють набагато кращі параметри якості (низькі втрати при варінні, тверда структура, знижена клейкість, тощо.). При обробці макаронних виробів клейковина, в основному, відповідає за реологічні властивості тіста.

Глютен – найважливіший фактор, пов'язаний з якістю приготування макаронних виробів. Проте деякі люди зі специфічною генетичною природою хворіють на целиацію при споживанні їжі, що містить глютен [1]. Причиною цього захворювання є прийом глютену, який може вплинути на засвоєння важливих поживних речовин, таких як залізо, фолієва кислота, кальцій і жиророзчинні вітамінів.

Лікування від целиакії не існує, тому люди повинні сидіти на довічній безглютенній дієті. Продукти що не мають глютену часто мають знижену біологічну цінність через обрання специфічної сировини. Для отримання макаронних виробів хорошої якості з альтернативних матеріалів часто доводиться модифікувати традиційний процес виробництва. Зокрема, для протидії будь-яким змінам реологічних властивостей, викликаним введенням цих нових інгредієнтів, необхідно застосовувати збалансовані рецептури та відповідні технологічні процеси виробництва.

Тому кількість нетрадиційного борошна (кіноа, амарант, вівсяне, соєве, кукурудзяне, тощо.), яке можна додати або замінити манною крупою, є компромісом між поліпшенням біологічного складу макаронних виробів і досягненням задовільних сенсорних властивостей.



## **1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ**

### **1.1 Актуальність вивчення виробництва безглютенових макаронних виробів з борошна амаранту.**

На теперішній час кількість людей хворих целиакією зростає, окрім цього відмова від глютенної продукції стала новим трендом сучасності. Все це збільшило попит на поширення асортименту безглютенової продукції серед споживачів. Підприємства намагалися розширити його за допомогою введення виробів виготовлених з амарантового борошна.

Амарантове борошно – має високу поживну цінність, якість білка вище ніж в конкурентів, вміст лізину в 2–3 рази більше ніж в злакових чи бобових. Кальцій, залізо, калій, фосфор, вітаміни і харчові волокна також містяться в зернах амаранту. Склад амаранту робить його однією з найперспективніших культур для виробництва макаронних безглютенових виробів.

При спробах ведення амарантових макаронних виробів у виробництво, було виявлено проблему утворення виробів належної якості. Складністю є те, що виробництво безглютенових виробів складне через відсутність зв'язуючих білків, а методи котрі використовуються при виробництві безглютенових продуктів з іншої сировини не дають позитивних результатів.

### **1.2 Загальні відомості щодо виробництва макаронних виробів з амаранту**

Для вирішення завдання роздивимось механіку отримання безглютенового тіста. Оскільки в такому виді тіста відсутній структуроутворюючий білок, його місце займає крохмаль, лише він може ефективно реорганізувати макромолекулярну структуру, надаючи текстуру, подібну до тієї, що міститься в продуктах з глютенної сировини.

У будь-якому випадку крохмаль має виконувати структурну роль, яка пов'язана з тенденцією його макромолекул до повторного зв'язування та

взаємодії після желатинізації, що призводить до новоорганізованих структур, які уповільнюють подальше набухання та розчинення крохмалю під час приготування. Середня молекулярна маса амілози та амілопектину, а також їх молекулярна організація всередині гранули впливають на функціональність крохмалю а, отже, й на можливість приготування.

Ідеальний крохмаль для макаронних виробів повинен мати помітну тенденцію до ретроградності: ця властивість, як правило, спостерігається у злакових та бобових з високим вмістом амілози, забезпечує хорошу кулінарну поведінку з точки зору текстури та низьких втрат при готуванні навіть після тривалого приготування. Здатність до набухання крохмалю та співвідношення амілоза-амілопектин є двома основними факторами, що впливають на якість локшини. Сорти з високим вмістом амілози, низькою температурою желатинізації та твердою консистенцією гелю найкраще підходять для виготовлення виробів безглютенового спектру.

Використання псевдокруп (амарант, киноа, гречка і т.п.), мають більш перспективне майбутнє з точки зору їх функціональності (клітковини, вітамінів, мінералів та біологічно активних компонентів).

Велику ефективність показали методи теплової обробки крохмалю. Їх поділяють на 2 типи:

Перший підхід зосереджується на використанні термічно обробленого борошна, в якому крохмаль вже в основному клейстеризований. Попередньо оброблене борошно може бути сформовано в макарони за допомогою преса безперервної екструзії, який зазвичай використовується при виготовленні макаронних виробів з твердих сортів пшениці.

Другим підходом є процес екструзії-варіння: борошно обробляють парою і пресують при високих температурах (більше 100°C) для сприяння клейстеризації крохмалю безпосередньо всередині екстудера. Що стосується текстури, макаронних виробів, приготовані з попередньо желатинізованого борошна, вони демонструють більш високу твердість у порівнянні з

макаронними виробами, отриманими шляхом екструзії з використанням одношнекового екструдера.

Технологія безглютенової локшини в основному заснована на операціях нагрівання та охолодження тіста, в яких використовують два явища: спочатку клейстеризація крохмалю, а потім його ретроградація. Чим більше ступінь клейстеризації крохмалю, тим краще якість виробів.

З цієї причини традиційний процес виготовлення локшини передбачає термічну обробку при високих температурах (90–95 °C) під час екструзії, яка може повторюватися кілька разів. Під час етапів охолодження відбувається нова спонтанна кристалізація крохмалю, в результаті чого утворюється напівпрозорий, склоподібний і однорідний продукт. Ці модифікації сприяють втраті зернистої структури крохмалю та розгалуженню ретикулярної та фібрилярної мережі після охолодження[2].

Для промисловості Амілозу можна визначити як по суті лінійну молекулу  $\alpha$ -(1→4)-зв'язаної D-глюкопиранозальної одиниці з кількома розгалуженнями, утвореними  $\alpha$ -(1→6) зв'язком. Амілоза має а молекулярна середня довжина ланцюга (ДЛ) 250–670, а ступіть поляризації (СП) 324 – 4920.

Амілопектин на відміну від амілози, складається з  $\alpha$ -(1→4)-зв'язаного D-глюкозильної одиниці з'єднаної (1→6)- $\alpha$ -зв'язками. Амілопектин має середню довжина одиничного ланцюга СП 18 – 25. Амілопектинові ланцюги складаються з групи коротких ланцюгів з СП 6–35 і довгого ланцюгова група з СП 40 – 50 і 60 – 80; короткі ланцюжки утворюють скупчення і ці скупчення пов'язані між собою довгими ланцюгами[3].

У той час як властивості крохмального склеювання, під впливом вмісту амілози та тонкої структури амілопектину, переважали над поглинанням води та слабкою гелеутворюючою властивістю амілопектину в восковому крохмалі та сильною гелеутворюючою міцністю амілози в невосковидному крохмалі [4].

На відміну від білків і нуклеїнових кислот, компоненти крохмалю (амілоза, амілопектин і проміжні матеріали), складаються тільки з одного

мономеру – глюкози, але все ж структурний аналіз крохмалю не простий. Для виготовлення використовуються три основні класи ферментів:

1) розгалужені ферменти, які гідролізують  $\alpha$ -D-(1→6)-зв'язки зокрема, включаючи ізоамілазу та пуллуланазу. Ізоамілаза може гідролізувати  $\alpha$ -D-(1→6)-зв'язки більш ефективно, ніж пуллуланазу;

2) ферменти екзотичної дії, які атакують  $\alpha$ -D-(1→4) глюкозидні зв'язки з невідновних кінців, глюкоамілаза,  $\beta$ -амілаза і фосфорилаза, тощо.  $\beta$ -амілаза гідролізує  $\alpha$ -D-глюкозидні (1→4)-з'єднання з невідновних кінців і виробляє тільки мальтозу, вона не може гідролізувати  $\alpha$ -D-глюкозидні (1→6)-зв'язки і залишає  $\beta$ -лімітний декстрин і фосфорилазу, а виробляє глюкозо-1-фосфат з невідновних кінців і залишає 3 або 4 залишки (3,5 в середньому) поруч з точкою розгалуження;

3) ендодіючі ферменти, як внутрішні, так і зовнішні ланцюги можуть бути атаковані цими ферментами, головним чином  $\alpha$ -амілазою (1,4- $\alpha$ -D-глюкан глюканогідролази), яка розщеплює  $\alpha$ -1,4-глюкозидні зв'язки, не впливаючи  $\alpha$ -1,6-зв'язки, але модель дії залежить від її походження .

Ретроградація крохмалю – це процес, при якому нагріта крохмальна паста охолоджується нижче температури плавлення кристалітів крохмалю, а амілоза і амілопектин реасоціюються і об'єднуються з набряклими крохмальними зернами в упорядковану структуру, що призводить до збільшення в'язкості, зміцнення гелю та черствіння текстури переважно крохмалевмісних систем.

Крохмаль який є основним компонентом зерен амаранту, має дуже малий розмір гранул і виявлено, що він має низьку температуру склеювання та пікову в'язкість. Крохмалі амаранту мали низький, але різноманітний вміст амілози, коливаючись від 4,7% до 12,5%. Вміст амілози суттєво корелює з функціональними властивостями, включаючи склеювання, термічні та текстурні властивості і важливим визначальним фактором для цих властивостей.

Серед 15 сортів спостерігався широкий діапазон температур желатенізації крохмалу , він складав 62–85°C в залежності від довжин ланцюга

амілопектину, для більшої довжини ланцюга необхідна більша кількість енергії [3].

Щоб компенсувати відсутність глютену, додають до тіста білкові ізоляти, з них роздивляються ячний білок, ізолят соєвого білка та казеїн, що впливає на твердість макаронних виробів з амаранту. З білків найбільший вплив показав саме ячний білок, інші види були не такі ефективні, але оскільки амарант має дуже низький вміст амілози, додавання ячного білку було ефективним до 15% до маси борошна. Цей відсоток збільшив твердість виробів та зменшив втрати при варінні. І навіть такий вплив не зміг забезпечити необхідну твердість.

Тоді для збільшення твердості прийнято рішення додати емульгатор дистильований моногліцерид (ДМ) та ефір діацетилвинної кислоти моногліцериду (ЕДКМ). Такі емульгатори обрані за рахунок того, що ДМ впливає саме на крохмаль борошна, а ЕДКМ на білки що дозволило зрозуміти процес утворення тіста.

При застосуванні ЕДКМ виявлено незначний позитивний вплив на показники макаронних виробів, ДМ навпроти показав гарну ефективність та збільшив твердість виробів, але при цьому досягти необхідної твердості не вдалося. При цьому вологість тіста довелося знизити.

Всі отриманні дані що були перераховані вище автор зібрав та оформив у табл. 1.

Таблиця 1.1 – Вплив додаткової сировини на макаронні вироби

Інгредієнти	Додаткова сировина, % до маси борошна	Час приготування, %	Втрати при приготуванні, %	Твердість текстури, N
Амарант	0	2,5	8,45±0,984	0,31±0,072
Амарант та ячний білок	3	5	7,55	0,59±0,231
Амарант та ячний білок	6	5	8,78	1,19±0,441
Амарант та ячний білок	9	7	8,03	0,92±0,113

Продовження табл. 1.1

Амарант та яєчний білок	12	7	8,26	1,41±0,252
Амарант та яєчний білок	15	7,25	7,36	1,98±0,027 1
Амарант та яєчний білок	18	9	8,23	1,99±0,284
Амарант та соєвий білок	3	3,75	9,03	0,48±0,091
Амарант та казеїн	3	4	13,55	0,35±0,084
Амарант, яєчний білок та емульгатор	0	7,25	7,36	1,98±0,027 1
Амарант, яєчний білок та емульгатор ДМ	не зазначено	8	6,51	3,28±0,185
Амарант, яєчний білок та емульгатор ЕДКМ	не зазначено	7,75	8,8	1,88±0,178

У висновку автор статті визнав амарант непригідним для використання у виробництві макаронних безглютенових виробів, та рекомендував використовувати його лише у парі з іншою сировиною (рис, гречка і т.п.)[5]. При порівнянні амаранту з гречкою та кіноа, амарант переміг за сенсорною оцінкою споживачів у категорії кольору та зовнішнього вигляду і значно програв за іншими органолептичними показниками. [6]

Гречані крохмальні гелі були твердішими, з більш високими жувальними і пружними властивостями, ніж гель амаранту. Крохмаль з звичайної гречки виробляв твердий гель, а амарантовий крохмаль з культу VL-44, демонстрував м'який гель. [7]

Як альтернатива розглянуто вплив гідроколоїдів з морських водоростей, рослин, мікроорганізмів, а також модифікованих біополімерів, створених

ферментативною або хімічною модифікацією целюлози та крохмалю. Вони являють собою сполуки з великою молекулярною масою, що містять гідрофільний рядок, часто з колоїдними властивостями (здатність зв'язувати великі кількості води міцно, до 100 разів перевищуючи її масу і таким чином подовжує термін зберігання продукту). Ці сполуки застосовуються як інгредієнти в харчовій промисловості для поліпшення текстури і смаку, а також для продовження терміну зберігання, в основному, хліба.

Застосування гідроколоїдів у безглютеновому секторі обрано завдяки їх здатності підвищувати водоутримуючу здатність, в'язкість, швидкість гідратації та вплив на температуру гідратації, оскільки для більшості гідроколоїдів в'язкість зменшується з підвищенням температури.

Включення гідроколоїдів може бути простим рішенням для покращення якості приготування макаронів.

У порівнянні глютенівмісними макаронами, макаронні вироби, приготовані тільки з безглютенового борошна, зазвичай вважаються низькоякісними; вони не переносять переварювання, липкі і перш за все, характеризуються втратами при готуванні. Гідроколоїди покращують пружність, надають безглютеновим макаронним виробам більшої твердості та приємної консистенції.

Гідроколоїди, такі як хітозан і карбоксиметилцелюлоза, покращують сенсорні властивості (еластичність, клейкість і об'ємність) курудзяних макаронних виробів з вівсяними висівками, оскільки гідроколоїди допомагають желатинізувати кукурудзяний крохмаль для формування стабільної консистенції, що покращує структуру макаронних виробів.

Також виявлено що хітозан і карбоксиметилцелюлоза знижують клейкість і об'ємність зразків спагеті на основі кукурудзи, збагаченої вівсяними висівками, завдяки хімічним групам гідроколоїдів, які здатні утворювати стабільну полімерну сітку, яка захоплює крохмальні гранули, сповільнюючи виділення амілози.

Деякі автори повідомили про вплив гідроколоїдів на клейстеризацію крохмалю і виявили, що деякі гідроколоїди здатні обмежувати клейстеризацію крохмальних гранул через їх високу гідрофільність. Іншими словами, гідроколоїди конкурують з крохмалем за поглинання води, таким чином модифікуючи процес желатинізації. Гідроколоїди з високою здатністю зв'язування води, такі як гідроксипропілметилцелюлоза і ксантанова камедь, можуть зменшити клейстеризацію крохмалю, оскільки вони конкурують за доступну воду.

Додавання пектину в спагеті з кукурудзяного борошна, збагаченого нутовим борошном, зафіксувало найнижчий ступінь желатинізації в порівнянні з контрольними зразками або іншими зразками з гуаровою камедю та агаром. Також помічено, що гідроколоїди спричинюють різницю в реологічних властивостях крохмальної сітки (геланова камедь, карбоксиметилцелюлоза, пектин, агар, яйця)

Також автор роздивився метод термічної обробки що називається «відпал». Відпал полягає в обробці крохмалю великою кількістю води (більше 40%) для зниження температури клейстеризації (для рису 50–60°C), а також оброблення (обробка при малій вологості та високих температурах, 100–120 °C для рису).

Зокрема, термічна обробка більше підходить для напіввисушеної та висушеної локшини, що характеризується великою міцністю на розрив і твердістю гелю, тоді як відпал підходить для виробництва свіжої рисової локшини, яка потребує м'якої текстури.

Висока температура сушіння та попереднє сушіння (при нижчій температурі) вплинули на властивості текстури, зокрема зменшилися втрати при варінні та розчинність білка, що вказує на чудову структурну цілісність макаронних виробів без глютену на основі амаранту/кіноа/гречаної крупи та проса/білої квасолі. [8]

Всі отриманні дані що були перераховані вище автор зібрав та оформив в табл. 1.2.



Таблиця 1.2 – Основні інгредієнти та технологічні варіанти, які використовуються при виготовленні макаронів.

Процес чи додаткова сировина	Ефект
Гідроколоїди	
Хітозан	Зниження клейкості та об'ємності
Карбоксиметилцелюлоза	
Гідроксил–пропіл–метил–целюлоза	Зниження клейстеризації крохмалю
Ксантанова камедь	
Камедь гелланової камед	Зміна реологічних властивостей крохмальної сітки
Карбоксиметилцелюлоза	
Пектин	
Агар–агар	
Порошок яєчного білка	
Крохмаль тапіоки	
Борошно з насіння гуар	
хітозан	
Гуарова камедь	Підвищення твердості.
Білки та ферменти	
Молочні білки	Покращення текстури макаронних виробів і якості приготування
Яєчні білки	
Сироваткові протеїни	
Трансглютаміназа	Покращення здатності до механічної обробки безглютенового тіста. Поліпшення згуртованості, жування, пружності та твердості.
Процес екструзії–варіння	Підвищення твердості, текстури та смаку після приготування. Підвищення якості приготування за рахунок низьких втрат при готуванні.
Відпал	–
Висока температура сушіння	Підвищення твердості. Зменшення втрат при готуванні. Зниження еластичності. Підвищення розчинності білків.

Окремо розглянуть вплив ферментів на безглютеніві макарони різних видів. Додавання окисного ферменту піраноза–2–оксидази до пасти на основі кіноа покращило якість макаронних виробів за рахунок утворення хімічних міжмолекулярних зшивок. Крім того, локшина, що містить люпинове борошно, гороховий білок і піраноза–2–оксидазу, демонструвала прийнятну якість і мала високий вміст білка та харчових волокон[9].

Трансглютаміназа може знижувати індекс гідролізу крохмалю та покращувати деякі текстурні властивості, такі як згуртованість, твердість, пружність макаронних виробів [10]. Він працює за методом утворення ізопептидного зв'язку через реакції ацил–етрансферу [11].

З вищеперерахованих літературних джерел встановлено що безглютеніві макаронні вироби з амаранту досить слабо вивчені. При цьому амарант проявляє гарні смакові, та навіть оздоровчі властивості, особливо у профілактики зниження гіпертонії [12]. Основним джерелом структуроутворення безглютенових макаронних виробів є крохмаль, а саме відношення в ньому амілози та амілопектину. Виготовлення макарон з амаранту на виробничих ліній не налагоджене, але ручне приготування локшини використовують досить часто, тісто готують вологістю 30% ручним замішуванням з подальшою обробкою тіста для отримання виробів [13].

При охолодженні клейстеризованого крохмалю та варених продуктів утворюється ретрогрований крохмаль. Желітенизований крохмаль термічно дуже стабільний і це форма неперетравленого крохмалю (резистентний крохмаль – RS3), що може призвести до позитивних поживних ефектів, подібних до тих, що спостерігаються з клітковиною [14]. Рівень ретрогрованого крохмалю в продуктах можна збільшити з 1% до 4–7% шляхом автоклавування або кип'ятіння [15].

Крохмаль амаранту відрізняється від інших малим вмістом амілози 4,7–12,5%. Для порівняння с середній вміст амілози в рисі складає 9–20%, в групі сортів «великого вмісту амілози» 20–25%, а в групі сортів «дуже великого вмісту амілози» 25% і більше [16]. У гречці кількість амілози знаходиться на межі 16–

18% [17], при цьому гранули гречки показують більшу здатність до набухання у зрівнянні з кукурудзою, через різницю їх розмірів 10 мкм та 5–20 мкм відповідно, але найбільше набухання продемонстрував рис через вміст амілопектину, при найменшому розмірі гранул 3–8 мкм [18].

Також зрівняння двох сортів рису, що майже не відрізняються за органолептичними показниками готових виробів, але відрізняються кількістю амілози гвіана– 22,4%, Аріете – 16,4%, дозволяє зробити висновок про значний вплив співвідношення амілози та амілопектину що складає 1/3,5 та 1/5,1 відповідно, на структуроутворення макаронів [19].

Характеристику зернових крохмалів, що використовують при виготовлення макаронних виробів наведено в табл.1. 3.

Таблиця 1.3 – Характеристика крохмалю зернових культур

Вид крохмалу	Амілоза, %	Температура желатинізації, °С	Якість гелю	Розмір гранул, мкм
Амарант	4,7–12,5	63–85	Слабкий	0,8–2,5
Рис	9,0–28	68–78	Сильний	3,0–8,0
Кукурудза	14–26	62–72	Середній	5,0–20,0
Гречка	16,0–18,0	63–85,5	Нижче середнього	9,5–10,5

Вплив на реологічні властивості виробів виконують термічними методами та додаванням білків, емульгаторів та гідроколоїдів.

З термічних методів використовують:

Желатинізація – температура 90–105 °С (для рису), вологість більше 60%;

Вологотеплова – температура більше переходу скловидності але менше желатинізації, вологість менше 35%;

«Відпал» – температура більше переходу скловидності але менше желатинізації, вологість більше 40 %.

З усіх методів добре розглянуто лише додавання білків та емульгаторів. При цьому на наш погляд стаття не повна, не було розглянуто термічні методи впливу на крохмаль та зовсім проігноровано вміст амілози у використаному сорті амаранту, що є одним із найважливіших факторів утворення тіста.

При зрівнянні *Amaranthus cruentus* та *Chenopodium quinoa* автор майже по всіх параметрах віддав перевагу саме *Chenopodium quinoa*, але зрівняння було не зовсім об'єктивним, бо використаний амарант мав амілазу 7,8%, а квиноя 11,2% [20]. Раціональнішим буде підібрати сорти більш схожі за вмістом амілози.

Одним з найперспективніших способів отримання локшини є додавання до борошна гідроколоїдів, котрі можуть допомогти виготовити вироби високої якості.

Деякі науковці звернули увагу на те, що за органолептичною оцінкою амарант має сильний смак і може призвести до отримання затхлого смаку [21].

На рис 2 наведено фото крохмалів зернових культур знятих електронним мікроскопом.

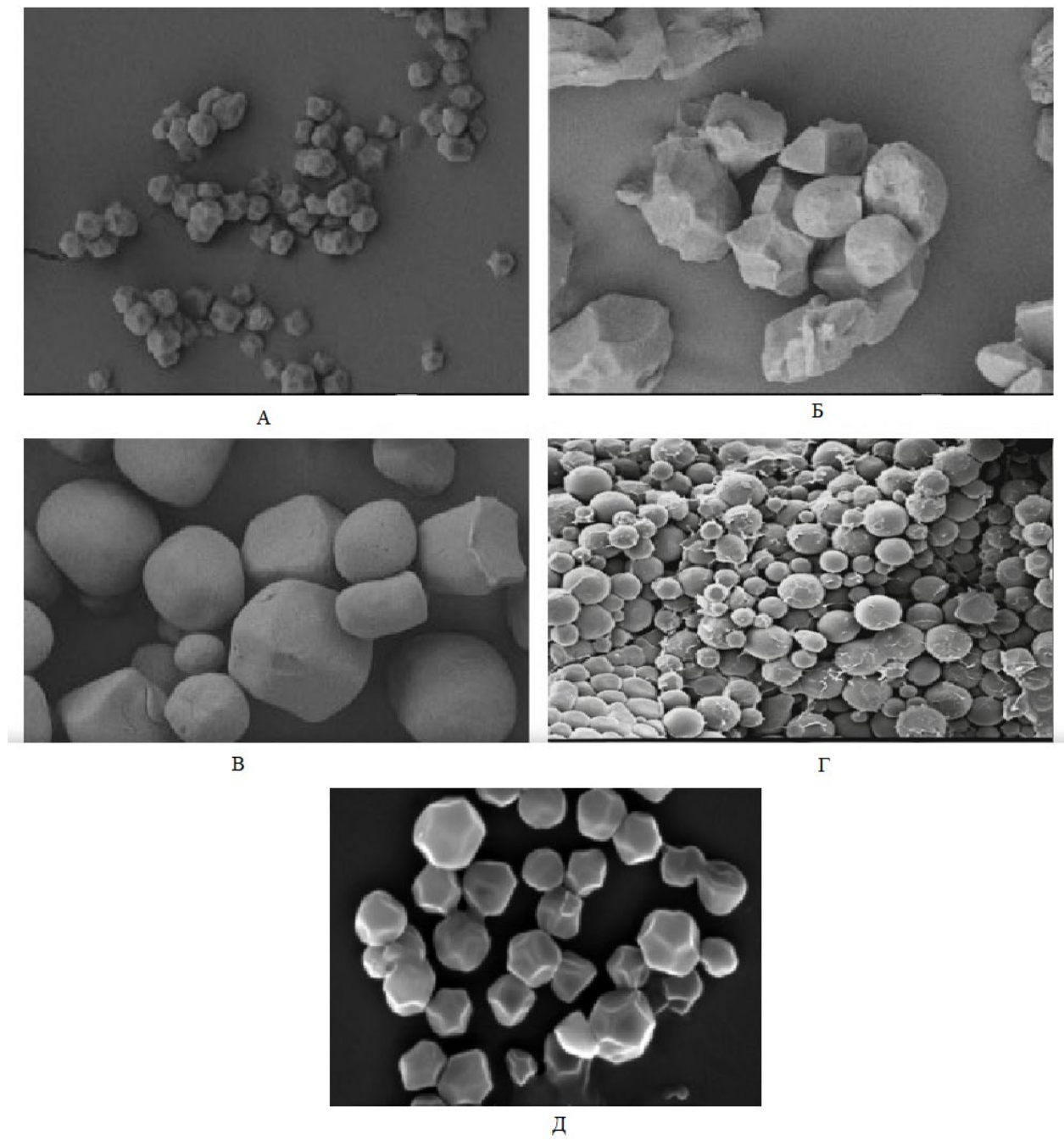


Рисунок 1.2 – Крохмаль зернових культур знятих електронним мікроскопом: А – киноа [22]; Б – рис [22]; В – кукурудза [22]; Г – гречка [23]; Д – амарант[3].

### **1.3 Постановка задачі дослідження, характеристика об'єкту і предмету дослідження**

Задача: Дослідити методи виготовлення безглютенових макаронних виробів з амаранту:

- Вплив різних методів температурної обробки амарантового борошна;
- Аналіз можливості додавання білків для збільшення твердості макаронних виробів;
- Обрання гідроколоїдів для задання тісту певних реологічних властивостей.

Об'єкт дослідження: Технологія виробництва безглютенових макаронних виробів, з розширенням асортименту та впровадженням нової сировини та методів її обробки.

Предмет дослідження: Амарантове борошно – перспективна сировина з великими функціональними властивостями, великим вмістом лізину, кальцію, калію, фосфору. Має низький вміст амілози що є основною проблемою культури у розрізі виготовлення безглютенових макаронних виробів.

### **1.4 Характеристика сировини для виробництва макаронних виробів**

Амарант споживався протягом всієї історії, в тому числі цивілізаціями інків, майя та ацтеків, де він використовувався як основний продукт харчування. Останнім часом підвищений інтерес до амаранту з'явився в 1980–х роках, коли Національна академія наук США провела дослідження зерна і описала його високу поживну цінність і агрономічний потенціал [24].

Незалежно від того, чи з точки зору ботанічного, чи з точки зору складу поживних речовин, це зерно має спільні характеристики як зернового, так і зернобобового насіння. Оскільки його вміст білка та амінокислотний склад

знаходяться десь між вмістом крупи та квасолі, його можна поживно розглядати як природну суміш рису та бобів [25].

Амарант зовсім не містить глютену, має високий вміст білків, клітковини, вітамінів, макро– і мікроелементів. Борошно амаранту містять білок склад якого наближений до ідеального, а також сквален. Наукові дослідження показали, що сквален зменшує пошкодження шкіри УФ–випромінюванням, зменшує рівень холестерину в крові, перешкоджає серцево–судинні захворювання, має протипухлинну дію проти раку яєчників, молочної залози, легенів і товстої кишки [26]. Порівняння складу ідеального білка і білка амаранту наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Порівняння складу «ідеального» і амарантового білка.

Амінокислота	Вміст амінокислот, мг/1 г «ідеальному» білку (таблиця ФАО/ВООЗ)	Вміст амінокислот, мг/1 г в амарантовому протеїні[27]	Амінокислотний скор, %
Лізін	55	55,09	100,16
Лейцин	70	64,82	92,60
Ізолейцин	40	42,92	107,30
Метіонін+цистин	35	30,75	87,86
Фенілаланін+тирозин	60	64,23	107,06
Треонін	40	41,15	102,88
Валін	50	50,07	100,15
Триптофан	10	13,35	133,48
Аргінін	–	78,17	–
Гістидін	–	28,69	–
Аланін	–	58,92	–
Аспарагінова кислота	–	92,99	–
Глутамінова кислота	–	166,59	–
Гліцин	–	120,65	–

Продовження табл. 1.4

Пролін	–	51,47	–
Серін	–	84,66	–

Амарант є джерелом вітамінів В1, В2, В9, РР, Н, Е та мінеральних речовин Р, К, Са, Fe, Mg, Мо, Mn, Cr. Флавоноїди та фенольні кислоти амарантового борошна, зокрема рутин, ізокверцитрин та нікотифлорин, володіють антиоксидантною активністю та нейтралізують вільні радикали в організмі людини, покращують роботу нервової системи, стимулюють синтез гемоглобіну, сприяють регулюванню рівня цукру в крові [28]. В останні кілька років властивості амаранту в зниженні холестерину, як антиоксидантного, протипухлинного, протиалергічного і гіпотензивного засобу; і як їжа для пацієнтів з целиацією та імунодефіцитами, були оцінені в клінічних дослідженнях.

Більшість цих властивостей пояснюються наявністю таких речовин, як луназин, пептид з протипухлинною дією або антигіперліпідемічних, протидіабетичних та протиглистових речовин на додаток до тих, що мають антидіарейні, протигрибкові та протималярійні властивості, що містяться у водних екстрактах насіння [29].

В табл. 1.5. наведено порівняльну характеристику біологічної цінності рису та амаранту.

Таблиця 1.5 – Порівняння біологічної цінності амаранту [27] та рису [30].

Сировина	Склад на 100 г продукту										
	Білок, г	Жир, г	Вуглеводи, г	Клітковина, г	Лізін, мг	Магній, мг	Кальцій, мг	Калій, мг	Фосфор, мг	Цинк, мг	Залізо, мг
Амарант	13.56	7.02	65.25	6.7	0.747	65	47	135	148	0,86	2,1
Рис	2,9	0,28	28,17	0,4	0,097	12	10	35	43	0,49	1,2



Гуарова камідь - це гелеутворюючий галактоманан, отриманий шляхом подрібнення ендоспермної частини *Cyamopsis tetragonolobus*, бобової рослини, що вирощується протягом століть переважно в Індії та Пакистані, де це найважливіша культура, яка здавна використовувалася як їжа для людей і тварин. Використовується як харчова добавка E 412 і діє як стабілізатор, загусник і текстуратор [31]. Гуарова камідь проявляє ефекти зниження рівня холестерину і глюкози через свої гелеутворюючі властивості. Це також допомагає у схудненні та профілактиці ожиріння. Завдяки гелеутворюючій здатності розчинної клітковини гуарової камеді досягається підвищене насичення через повільне спорожнення шлунка. Дієта, доповнена гуарової камеддю, знижувала апетит, відчуття голоду [32].

Ксантанова камедь – це харчова добавка під кодом E 415 дрібний порошок білого кольору, безбарвний і без запаху, отриманий при бродінні сахарози або глюкози за участю бактерій *Xanthomonas campestris*. Це загусник, стабілізатор, желируючий агент і інкапсуляційний агент (калоризатор). Речовина добре розчиняється в гарячій і холодній воді, молоці, розчинах солі і цукру. Підвищує в'язкість рідини і зменшує випаровування при термічній обробці. Дана добавка для людини є хімічно нейтральною, тобто не вступає в реакції при попаданні в шлунково–кишковий тракт і через деякий час виводиться з організму природним шляхом без будь–яких змін [33].

Альбумін джерело високоякісних білків і функціональних ліпідів, а також цінних мінералів, вуглеводів і вітамінів, він є одним з найбільш універсальних продуктів харчування, забезпечуючи повну біодоступність поживних речовин [34]. Важливо, що як функціональний харчовий інгредієнт з високою розчинністю у воді, засвоюваністю, всмоктуванням у шлунково-кишковому тракті та визначеними гіполіпідемічними властивостями, гідролізати яєчного білка мають перспективи свого включення до складу дієтичних продуктів для профілактики та лікування метаболічного синдрому [35]. Білки яєчного білка надають антибактеріальну дію за допомогою різних механізмів, таких як лізисбактеріальних клітин, зв'язування металів або зв'язування вітамінів.

Лізоцим, наприклад, має властиві антибактеріальні особливості шляхом гідролізування клітинних стінок бактерій шляхом руйнування зв'язку  $\beta$ -1,4 між N-ацетилглюкозаміном і N-ацетилмурамовою кислотою пептидогліканного бар'єру у бактерій [36].

## **2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Загальний план досліджень**

Висновки зроблені на основі аналітичного огляду дозволяють скласти наступний план досліджень:

- встановити температуру води для замісу тіста;
- визначити оптимальну рецептуру макаронних виробів;
- визначити фізико-хімічні показники макаронних виробів (вологість, кислотність, втрати при варінні);
- визначити органолептичні показники макаронних виробів;

### **2.2 Матеріали і реактиви що використані в роботі**

Під час проведення дослідження використано:

1. Вода дистильована згідно ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT).
2. Розчин гідроксиду натрія виготовлений згідно ДСТУ 7274:2012 Хімічні реактиви. Реактиви, розчини для аналізу та матеріали допоміжні. Методи готування.
3. Фенолфталеїн згідно ТУ 6-09-5360-88, спиртовий розчин з масовою часткою індикатору 1 %.
4. Борошно амаранту цільнозернове.
5. Гуаранова камедь
6. Ксантанова камедь
8. Альбумін згідно ДСТУ 8719:2017 Продукти ячні. Технічні умови
9. Яйце куряче згідно ДСТУ 5028:2008 Яйця курячі харчові. Технічні умови
10. Крохмаль модифікований THERMTEX
11. Крохмаль модифікований THERMFLO

12. Крохмаль кукурудзяний згідно ДСТУ 3976-2000 Крохмаль кукурудзяний сухий.

## 2.3 Методи дослідження

### 2.3.1 Визначення вологості тіста

Вологість тіста розраховувалась експериментальним шляхом, розрахунок проводився за формулою. В тісто додавалась кількість води яка відповідала певній вологості і перевірялась придатність тіста для формування. Дані вологості сировини занесено в табл 1.1.

Використано формулу визначення вологості тіста  $W, \%$ :

$$W_T = \frac{B \times 100 + M_6 \times W_6 + M_{ин.} \times W_{ин.}}{B + M_6 + M_{ин.}}$$

де:  $B$ - кількість води, мл;

$M_6$  – маса борошна, г;

$W_6$  – вологість борошна, %;

$M_{ин.}$  – маса іншої сировини, г;

$W_{ин.}$  – вологість іншої сировини, %.

Таблиця 2.1 Вологість інгредієнтів.

Сировина	Борошно амарантове	Камедь ксантанова	Камедь гуарова	Альбумін	Яйце куряче	Крохмаль THERMTEX	Крохмаль THERMFLO	Крохмаль кукурудзяний
Вологість, %	10,35	14,5	14,7	10,2	84,68	13,25	15,10	17,65

Формула визначення необхідної кількості води  $B$ , г:

$$B = \frac{M_6 \times (W_T - W_6) + M_{ин.} \times (W_T - W_{ин.})}{100 - W_T}$$

Якість тіста оцінювалась за п'ятибальною шкалою:

- 1- Тісто не утворюється;
- 2- Тісто крихке, рветься при формуванні;
- 3- Оптимальна консистенція;
- 4- Злипається при формуванні;
- 5- Тісто не тримає форму, не утворюється.

### **2.3.2 Температура води для замісу**

Температура визначалася шляхом внесення в тісто води з температурою від 60°C до 95°C з кроком в 5 °C.

Якість тіста оцінювалась за трьохбальною шкалою:

- 1- Клейстеризація крохмалю не відбулась;
- 2- Часткова клейстеризація крохмалю;
- 3- Клейстеризація крохмалю відбулась.

### **2.3.3 Твердість сирих виробів**

Проведена суб'єктивна оцінка твердості виробів в порівнянні з макаронними виробами виготовленими з кукурудзяного борошна.

Якість виробів оцінювалась за п'ятибальною шкалою:

- 1- Ламкі, не тримають форму;
- 2- Знижена твердість;
- 3- Середня твердість виробів;
- 4- Вироби тверді. Подібні кукурудзяним;
- 5- Вироби мають структуру глютенівмісних макарон.

### 2.3.4 Час варіння

Вироби поміщають у воду, попередньо зважуючи. Об'єм води повинен бути десятикратним до маси виробів. Для визначення оптимального часу варіння один виріб достають та перекладають на дошку, з паперовим рушником для стікання води, кожну хвилину, інші вироби продовжують варіння. Час максимального варіння встановлюють визначенням виробу у якого якість почне погіршуватись після покращення.

### 2.3.5 Втрати під час варіння

Варять 5 грамів виробів у 50 мл води, вироби витягають після їх готовності. Уварюють суміш що залишилась максимально наближено до сухого стану. Після залишок поміщають в сушарку і висушують при 135 °С до збереження сталої маси.

### 2.3.6 Вологість виробів

Вироби подрібнюються, зважують 5,00 г виробів. Вироби розміщують у сушарці та сушать при 135 °С до сталої маси. Охолоджують протягом 20 хв та визначають вологість.

Визначення вологості виробів  $W, \%$  проводилось за формулою:

$$W = M_{\text{до}} - M_{\text{після}} \times 20$$

де:  $M_{\text{до}}$  – маса виробів до висушування, г;

$M_{\text{після}}$  – маса виробів після висушування, г.

### 2.3.7 Кислотність

З макаронних виробів готують «бовтанку» шляхом змішування 5 г здрібнених макаронних виробів з 35 мл води в конічній колбі об'ємом 150-200 мл. В колбу додають 2-5 крапель 1%-го фенолфталеїну і титрують бовтанку 0,1 н розчином лугу до появи світло-рожевого кольору, який не зникає протягом 1 хв.

Титрована кислотність визначалася з формулою:

$$X = V \times k \times 1 \times 100 / m \times 10$$

де: X – кислотність борошна, °;

V – кількість 0,1 н лугу, що витрачено для титрування борошна, мл;

k – коефіцієнт нормальності 0,1 н розчину лугу;

m – маса наважки продукту, г;

1/10 – коефіцієнт приведення 0,1 н розчину лугу до 1 н.

### 2.3.8 Стан до та після варіння

Стан до варіння встановлюють візуально, оцінюють стан поверхні, збереження форми, наявність крихт та лому.

Зварені макаронні вироби зливають, дають 1-2 хвилини на розподілення теплоти по всій глибині виробу, візуально встановлюють ступінь деформації.

### 2.3.9 Смак

Зварені макаронні вироби зливають, дають 1-2 хвилини на розподілення теплоти по всій глибині виробу і якісно розжовують шматка у роті який був прополощений кип'яченою водою протягом 20 секунд. Після кожного виробу рот полощать кип'яченою водою 20 секунд, спльовують воду, так повторюють 2 рази, після чого дослід повторюють з виробом іншої фірми.

### **2.3.10 Запах**

Для визначення запаху сирих виробів, їх змелюють у ковомолці і заливають водою температурою  $60 \pm 5$  °С, настоюють 1-2 хв, зливають воду та визначають запах.

Після варіння запах виробу визначають аналогічно ( після варіння воду зливають та дають виробам 1-2 хв для розподілення тепла та відкриття аромату), після кожного виробу рекомендується скористуватися кофейними зернами для збиття аромату та відпочити 30 секунд після чого дослідження можна буде продовжити.

### **2.3.11 Колір**

Колір встановлюють візуально при денному світлі, або при штучному теплому освітленні, на білому однотонному фоні. Джерело освітлення не повинно знаходитися на відстані менше 50 см.

### **2.3.12 Метод оцінки органолептичних показників**

Для оцінювання органолептичних показників якості розроблено словесну характеристику виробу. Дані наведено в табл. 2.2



Таблиця 2.2 – Органолептична оцінка якості макаронних виробів з амаранту.

Показники	Характеристика показників при оцінці				
	5 балів	4 бала	3 бала	2 бала	1 бал
Зовнішній вигляд	Поверхня гладка або незначна шорсткість, однорідна. Форма задана виробником	Поверхня шорстка, однорідна. Форма задана виробником	Поверхня шорстка, неоднорідна. Форма задана виробником	Поверхня шорстка, неоднорідна з включаннями сировини. Форма задана виробником	Вироби деформовані
Колір	Кремовий з відтінком сірого	Світло-коричневий	Від коричневого до темно-коричневого	З білими плямами	Не притаманний макаронам
Стан після варіння	Зберігають форму, не злипаються та не утворюють грудочок	Зберігають форму, незначне злипання, не утворюють грудочок	Зберігають форму, незначне злипання, утворено малу кількість грудочок	Незначна деформація, злипання, утворюють грудочки	Руйнування структури макаронних виробів.
Запах	Легкий борошняний запах	Виразений борошняний запах	Незначний гіркуватий або кислий запах	Затхлий запах	Не властивий макаронним виробам
Смак	Приємний, з горіховими нотками	Приємний, з горіховими нотками, незначний присмак крохмалю	Крохмалистий, без горіхових ноток	Значний присмак крохмалю, гірчить	Не властивий макаронним виробам
Висновок	Стандарт	Стандарт	Брак	Брак	Брак

### **3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА**

#### **3.1 Постановка задачі дослідження**

З кожним роком все більше людей цікавляться темою здорового харчування. Макаронні вироби мають невеликий асортимент та малу біологічну цінність, у зв'язку з цим макаронний сектор рику багато людей ігнорує. Лапша з амаранту має велику біологічну цінність, дієтичні властивості багато корисних властивостей та володіють незвичайним смаком.

Підприємці не мають технологій виробництва макаронних виробів з борошно амаранту як основної сировини. Проблемою є деформація виробів під час варіння, незадовільна консистенція та розварюваність і руйнування структури під час варіння.

Виходячи з аналітичного огляду встановлено, що проблеми виробництва амаранта є саме специфічна структура та склад крохмалю амаранта. Лабораторія університету не має необхідного устаткування для проведення дослідів з структурою крохмалю, тому нами проаналізовано можливість впливу на недоліки макаронних виробів з амаранту за допомогою додавання додаткових інгредієнтів до рецептури.

Для претендування переваг виробів з амаранту розроблено концепцію продукту табл. 3.1. Концепція продукту – являє собою сукупність головних вимог до продукту, його якості і призначення, що передбачають подальше вдосконалення виробу; виражає основні стратегічні ідеї продукту, якими може керуватися виробник в найближчій перспективі.

Таблиця 3.1 Концепція макаронних виробів з борошна амаранту.

<b>Найменування показника</b>	<b>Характеристика</b>
Продукт	Макаронні вироби з амаранту
Концепція продукту	Макарони з амаранту, ксантану та гуарану, альбуміну. Продукт, дієтичного, безглютенового призначення. Мають багато білка, амінокислот (особливо лізину), антиоксидантів (уповільнюють старіння), клітковини (стимулює моторику кишківника), сквален (знижує ризик зараження онкологічними захворюваннями).
Цільовий сегмент	Населення що хворіє на целиацію та/або зацікавлено у здоровому харчуванні.
Конкурентні переваги	Макарони з борошна амаранту не виробляються на потокових лініях. Функціональні властивості, в разі перевищують корисні властивості інших безглютенових продуктів.
Органолептичні показники нового продукту	Сірувато-жовтого кольору, не розварюються, без сторонніх присмаків, сильно відчувається смак крохмалю, мають горіхові нотки. Форму тримають, консистенція пружна. Міцність сильно знижена.
Асортимент	Асортимент не змінюється.

## 3.2 Проведення дослідження

### 3.2.1 Приготування тіста

Тісто готують вручну змішуючи всі компоненти в наступних пропорціях (табл. 3.2):

Таблиця 3.2 – Рецептура виробів

Назва рецептури	Відсоток до амарантового борошна, %						
	Ксаган	Гуаран	Альбумін	Яйце куряче	Крохмаль ThermFlo	Крохмаль ThermTex	Крохмаль кукурудзяний
А. б. д	-	-	-	-	-	-	-
К 1,0	1,00	-	-	-	-	-	-
К 1,5	1,50	-	-	-	-	-	-
Г 1,0	-	1,00	-	-	-	-	-
Г 1,5	-	1,50	-	-	-	-	-
К 0,7 + Г 0,5	0,70	0,50	-	-	-	-	-
К 1,0 + Г 1,0	1,00	1,00	-	-	-	-	-
Ал. 5	-	-	5,00	-	-	-	-
Ал. 10	-	-	10,00	-	-	-	-
Ал. 15	-	-	15,00	-	-	-	-
Ал. 20	-	-	20,00	-	-	-	-
Яц. 2	-	-	-	2,00	-	-	-
Яц. 5	-	-	-	5,00	-	-	-
Яц. 9	-	-	-	9,00	-	-	-
Яц. 12	-	-	-	12,00	-	-	-
Яц. 15	-	-	-	15,00	-	-	-
Яц. 18	-	-	-	18,00	-	-	-
ТФ 12	-	-	-	-	12,00	-	-
Тф 15	-	-	-	-	15,00	-	-
ТФ 18	-	-	-	-	18,00	-	-
ТТ 12	-	-	-	-	-	12,00	-
ТТ 15	-	-	-	-	-	15,00	-
ТТ 18	-	-	-	-	-	18,00	-
КК 12	-	-	-	-	-	-	12,00
КК 15	-	-	-	-	-	-	15,00
КК 18	-	-	-	-	-	-	18,00
Ал+К+Г	0,70	0,50	15,00	-	-	-	-

На рис. 3.1 зображено фото підготовки тіста до формування виробів.



а



б

Рисунок 3.1 – Підготовка тіста: а – зразок після замісу; б – контроль ваги.

Рис. 3.2 Демонструє зразок з великим вмістом вологи



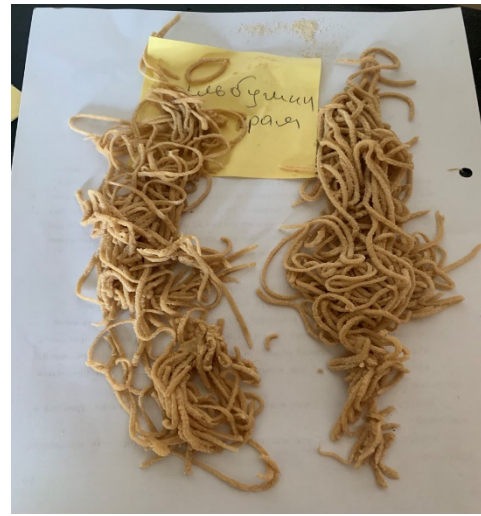
Рисунок 3.2 – Збільшена вологість тіста



На рис. 3.3 продемонстровано формування макаронних виробів



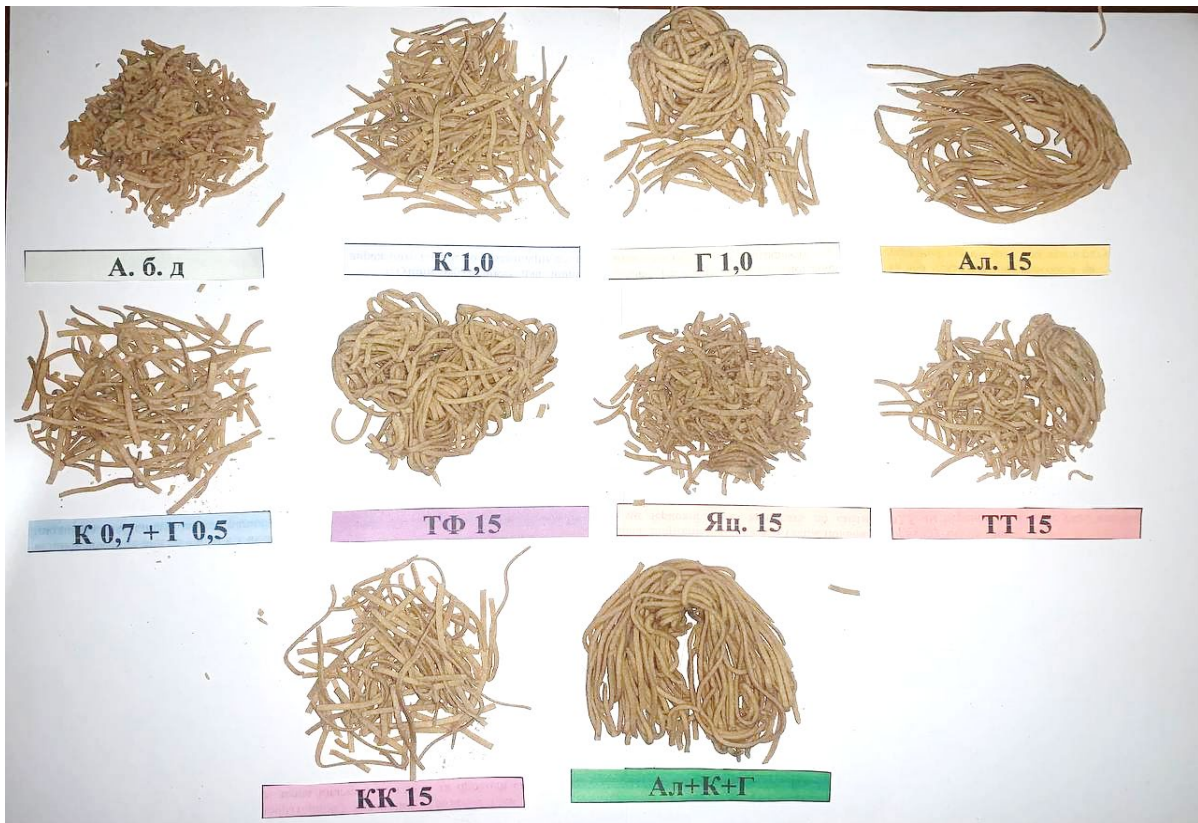
а



б

Рисунок 3.3 – Обробка тіста: а – розкатування тіста; б – сформовані макаронні вироби.

На рис. 3.4 зображено найкращі види готових макаронних виробів



### Рисунок 3.4 – Вироби після сушіння

Рис. 3.5 демонструє зварені макаронні вироби

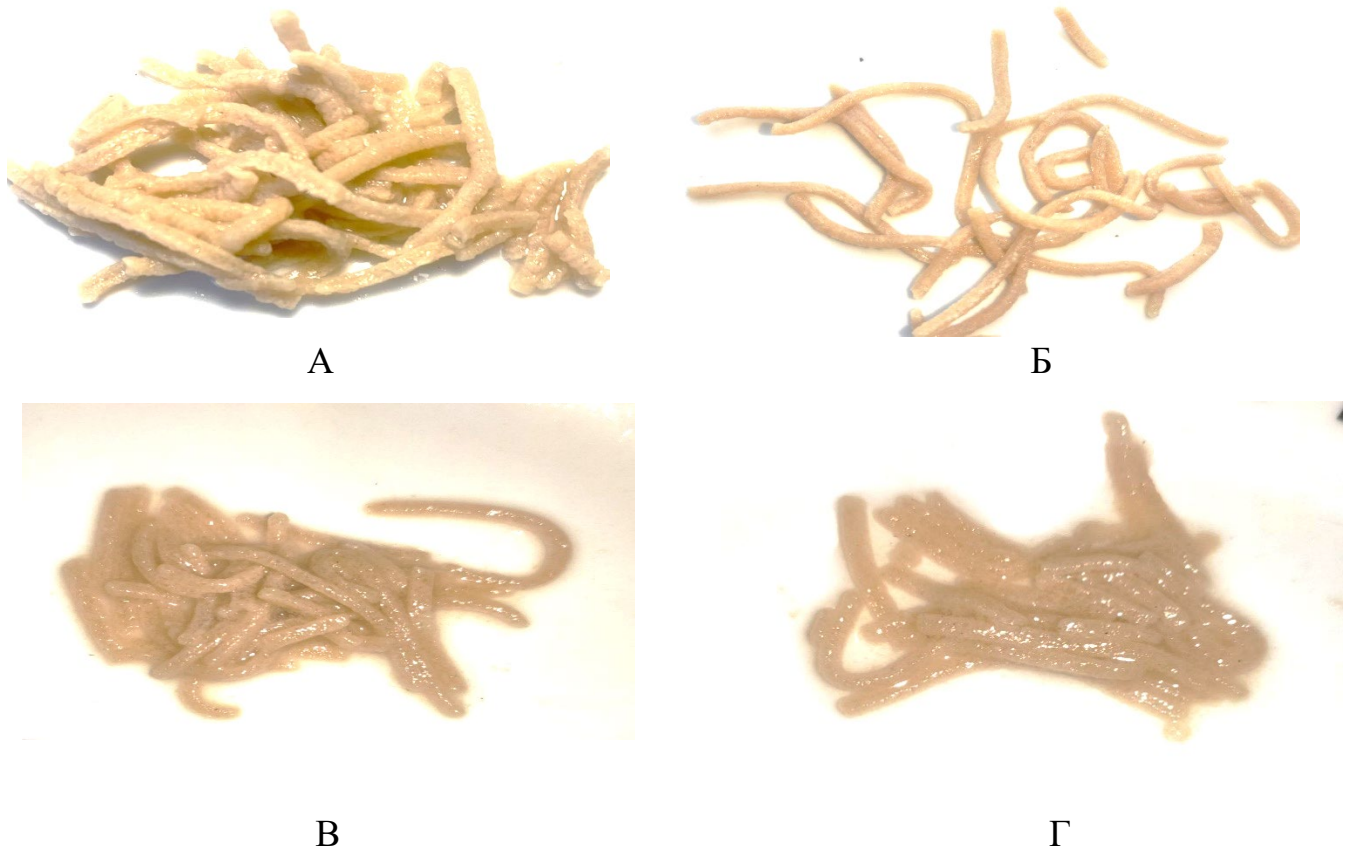


Рисунок 3.5 – варені макаронні вироби: А – рецептура Ал. 15; Б– рецептура Ал+К+Г; В– рецептура К 1,0; Г– рецептура Г 1,0.

### 3.2.2 Температура води для замісу

Дослідженнями встановлено що клейстеризація крохмалю чуттєво відбувається при додаванні води з температурою 70 °С, і збільшується до температури води 80 °С. Після збільшення температури не дає відчутної зміни в структурі тіста, що демонструє рис. 3.6.

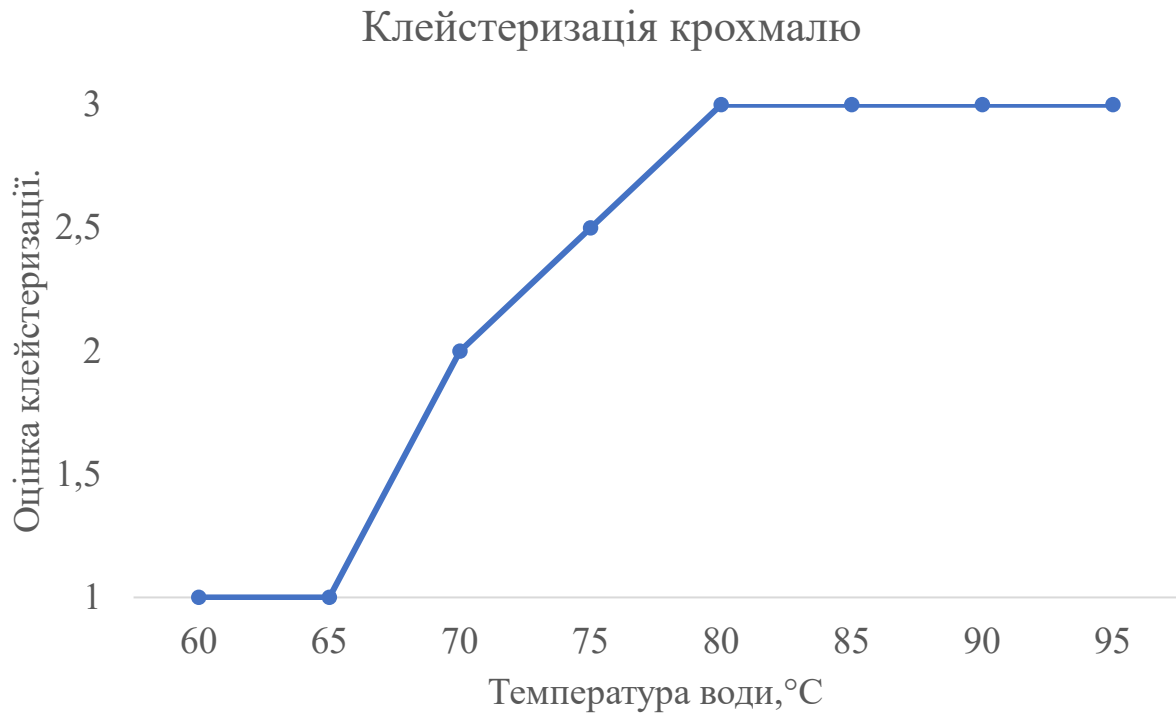


Рисунок 3.6 – Клейстеризація крохмалю залежно від температури

### 3.3.3 Визначення оптимальної вологості тіста

З рис 3.7 видно, що оптимальна вологість для більшості виробів коливається в межах 34-36 %. При цьому при додаванні гідроколоїдів цей показник схиляється в сторону збільшення вологості, а при використанні альбуміну і яйця в меншу.



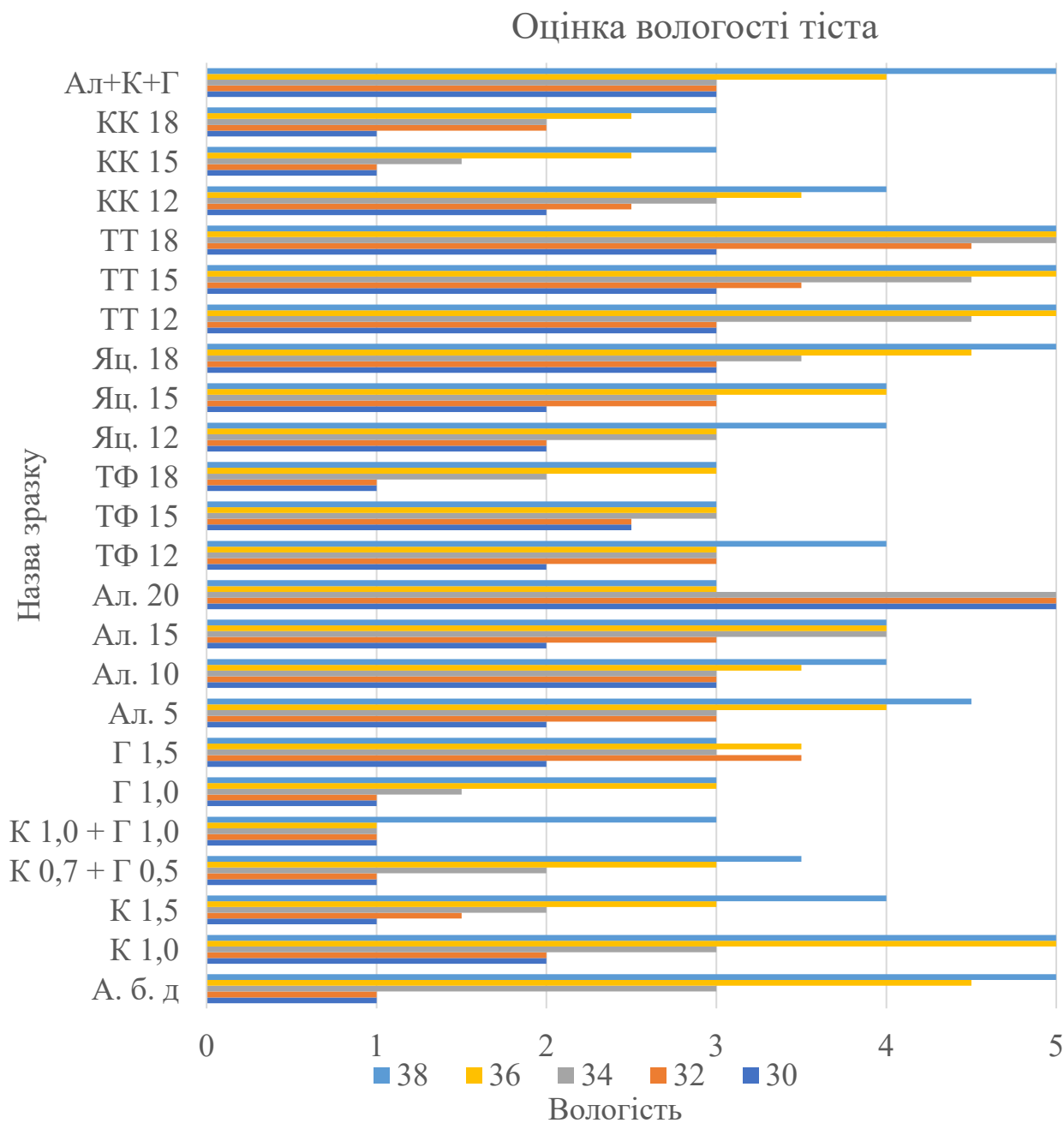


Рисунок 3.7 – Оцінка вологості тіста

### 3.3.4 Тривалість варіння

Середній час варіння сильно залежить від рецептурного складу. З рис 3.8 видно що амарантові макарони без додаткових компонентів варяться протягом 2 хвилин. Найдовший час варіння мають суміш ксантану з альбуміном та курячі яйця.

Це надає можливості отримати нормальну консистенцію і позбавити виробу смаку недовареного крохмалю.



Рисунок 3.8 – Середній час варіння виробів.

### 3.3.5 Твердість сирих виробів

Твердість макаронних виробів залежить від рецептурних інгредієнтів. З рис. 3.9 видно що найкращу твердість продемонстрували вироби з додаванням альбуміну у кількості 15% до борошна, що повністю співпадає з літературними джерелом. Також з сильної сторони продемонструвала себе суміш з ксантану та альбуміну і куряче яйце

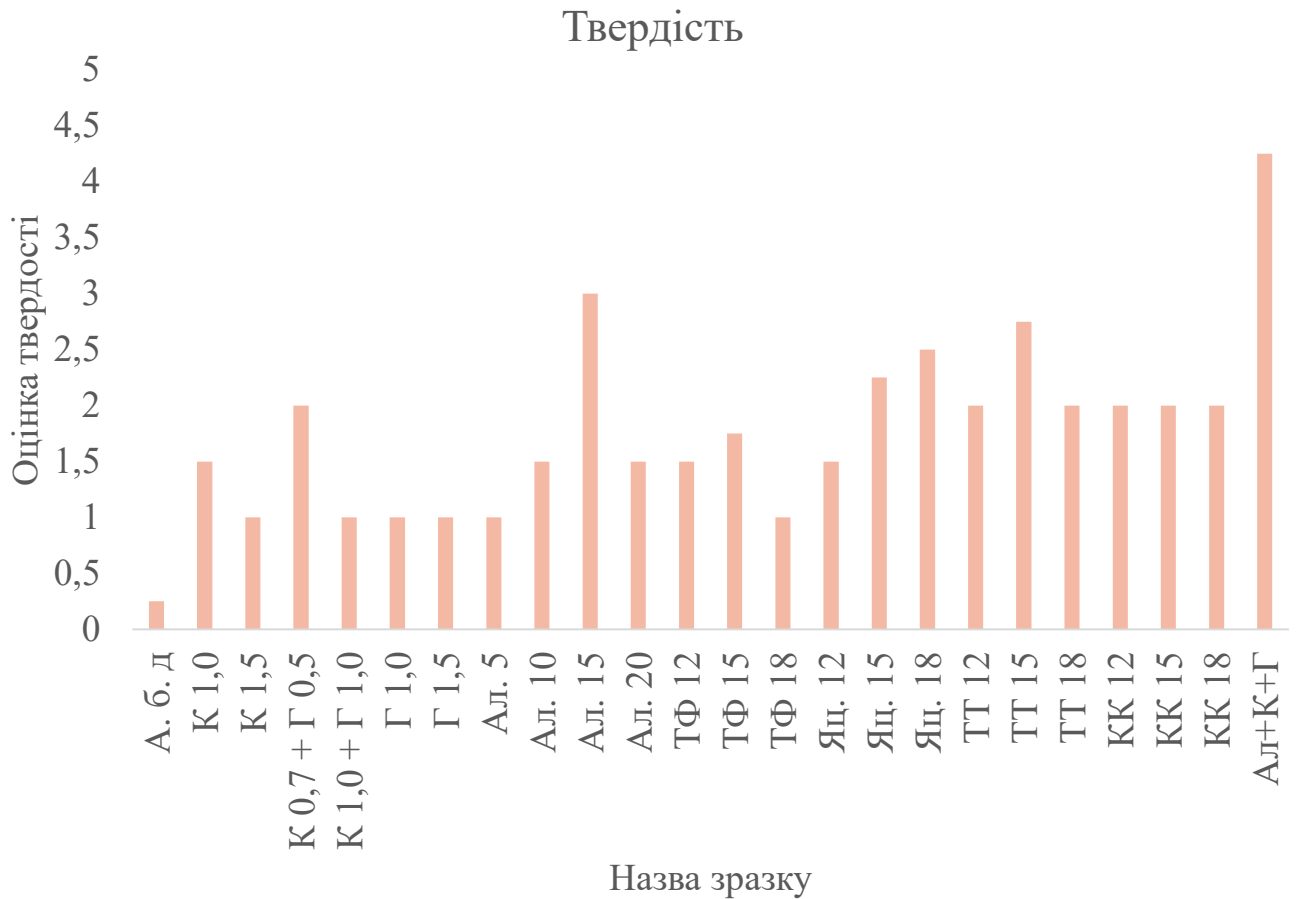


Рисунок 3.9 – Твердість макаронних виробів

### 3.3.5 Втрати під час варіння

Втрати при варінні виведено в табл. 3.2. На рис 3.10 зображено, що всі додаткові рецептурні компоненти значно зменшують втрати при варінні макаронних виробів. І гарно впливають на процес варіння. Найкраще на втрати вплинули гідроколоїди оскільки вони стримували молекули виробів від від'єднання при варінні.

Таблиця 3.3 Втрати під час варіння

Назва зразку	Показник				Середнє,%
	Втрати при варінні, гр		Втрати при варінні, %		
	№1	№2	№1	№2	
А. б. д	1,8	1,56	36	31,2	33,6
К 1,0	0,24	0,29	4,8	5,8	5,3
К 1,5	0,36	0,33	7,2	6,6	6,9
К 0,7 + Г 0,5	0,19	0,17	3,8	3,4	3,6
К 1,0 + Г 1,0	0,3	0,35	6	7	6,5
Г 1,0	0,25	0,27	5	5,4	5,2
Г 1,5	0,41	0,39	8,2	7,8	8
Ал. 5	0,44	0,47	8,8	9,4	9,1
Ал. 10	0,49	0,52	9,8	10,4	10,1
Ал. 15	0,36	0,32	7,2	6,4	6,8
Ал. 20	0,54	0,58	10,8	11,6	11,2
ТФ 12	0,39	0,31	7,8	6,2	7
ТФ 15	0,42	0,47	8,4	9,4	8,9
ТФ 18	0,56	0,58	11,2	11,6	11,4
Яц. 12	0,61	0,57	12,2	11,4	11,8
Яц. 15	0,42	0,36	8,4	7,2	7,8
Яц. 18	0,51	0,54	10,2	10,8	10,5
ТТ 12	0,14	0,18	2,8	3,6	3,2
ТТ 15	0,22	0,21	4,4	4,2	4,3
ТТ 18	0,34	0,27	6,8	5,4	6,1
КК 12	0,56	0,44	11,2	8,8	10
КК 15	0,32	0,38	6,4	7,6	7
КК 18	0,33	0,32	6,6	6,4	6,5
Ал+К+Г	0,12	0,1	2,4	2	2,2



Рисунок 3.10 – Втрати при варінні

### 3.3.6 Вологість виробів

За рис. 3.11 встановлено, що вироби мають вологість в допустимих межах. Це дозволяє зробити висновок про відсутність пересушування чи недосушування виробів, гарантує довгий час зберігання виробів.

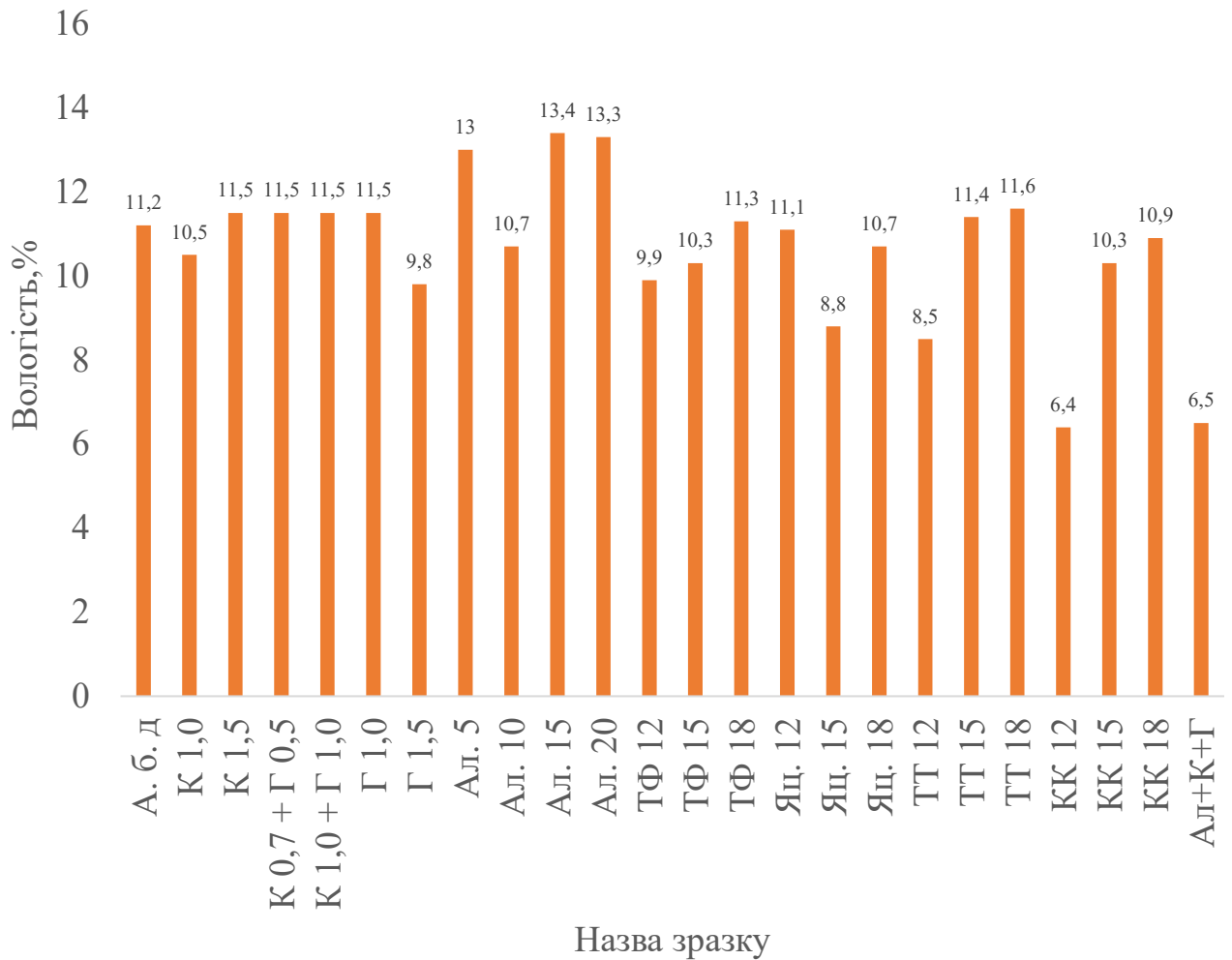


Рисунок 3.11 – Вологість виробів

### 3.3.7 Кислотність виробів

Кислотність була визначена в деяких видах виробів. Результати оцінювання наведено на рис 3.12. Як видно з графіку кислотність всіх зразків майже не відрізняється. Всі зразки мають кислотність менше 4, що відповідає умовам ДСТУ 7043:2020 «Вироби макаронні. Загальні технічні умови» [37].

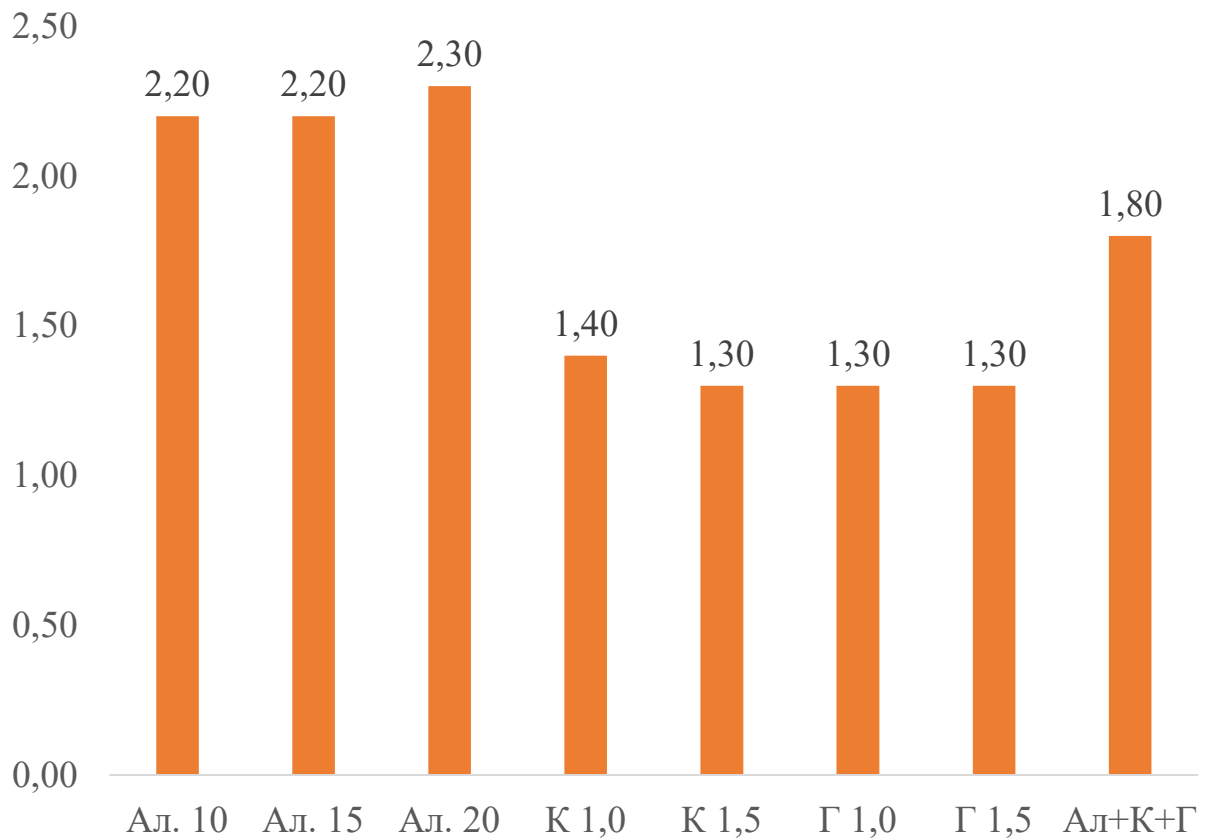


Рисунок 3.12 – Кислотність виробів

### 3.3.8 Органолептичні показники якості

Органолептичні показники якості були визначені в деяких видах виробів. Оцінювання проведено згідно табл 2.2., результати зображено на рис 3.13. Як видно з графіку, найкраще оцінювання має саме поєднання декількох видів сировини (рецептура Ал+К+Г). Параметри запаху однакові у всіх зразків, зовнішній вигляд та колір також збігається в більшості рецептур.

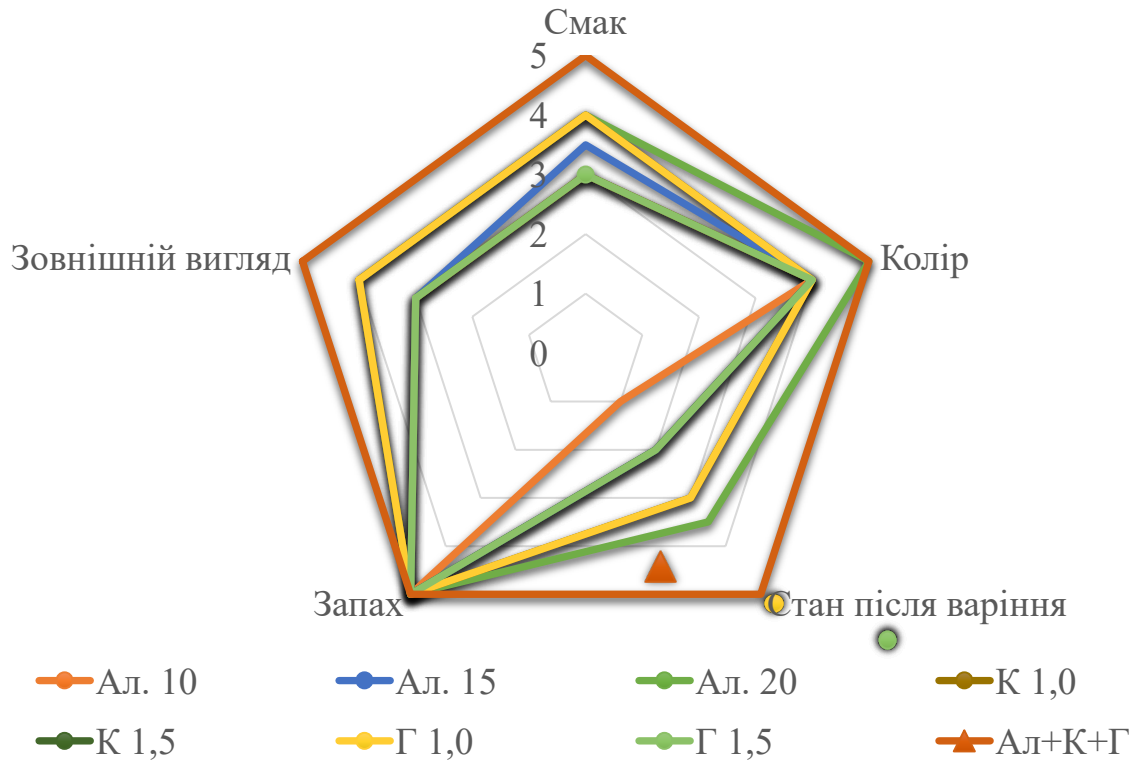


Рисунок 3.13 – Органолептична оцінка виробів

### 3.3.9 Розрахунок калорійності

Калорійність один з важливих показників продукту, цей показник відображає кількість енергії, що утворює продукт при окисленні білків, жирів, вуглеводів котрі містяться в продукті. Цей процес впливає на фізіологічні функції організму. При розрахунку калорійності рекомендують використовувати наступні значення: енергетична цінність 1г білка становить 4,1 ккал; 1 г жиру – 9,3 ккал; 1 г вуглеводів – 4,1 ккал [38].

Для розрахунку поживної цінності обрано рецептуру Ал+К+Г, вона є найоптимальнішою та має високу органолептичну оцінку якості. Розрахунок калорійності макаронних виробів представлено в таблиці 3.4.



Таблиця 3.4 – Калорійність макаронних виробів

Назва продукту	Калорійність в 100 г сировини, г	Кількість сировини в рецептурі, г	Калорійність готового виробу
Амарант[39]	371,00	83,80	310,898
Альбумін[40]	340,00	15,00	51
Ксантан[41]	264,00	0,50	1,32
Гуаран[44]	340,00	0,70	2,38
Кількість калорій в 100 г готової страви:			365,598

### 3.3.10 Маркетингові дослідження

Для встановлення необхідності введення нових макаронних виробів проведено анонімне анкетування серед різних груп населення. Анкета (додаток А) мала питання націлені на встановлення статі, вікової групи та відношення до безглютенних макаронних виробів. Також розроблено робочий лист (додаток Б) Після анкетування отримано наступні результати наведені на рис. 3.14-3.22.

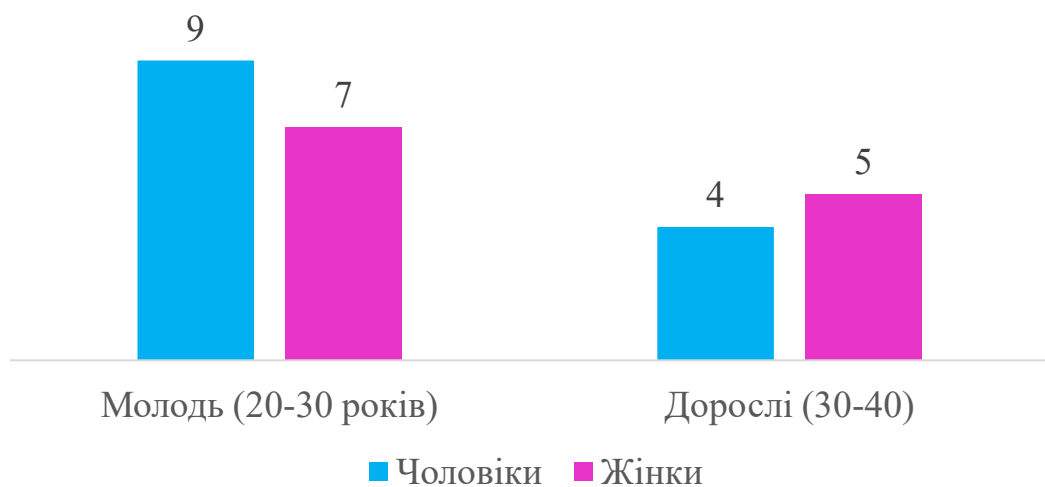


Рисунок 3.14 – Кількість людей розподілена по віковим групам та статтю

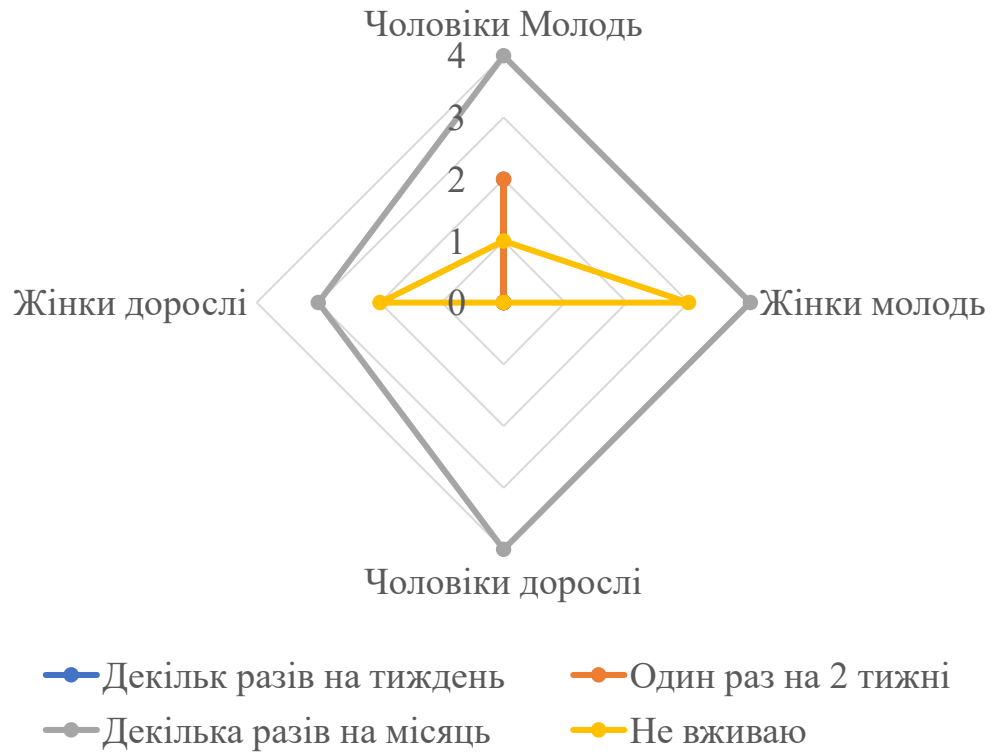


Рисунок 3.15 – Частота вживання макаронних виробів

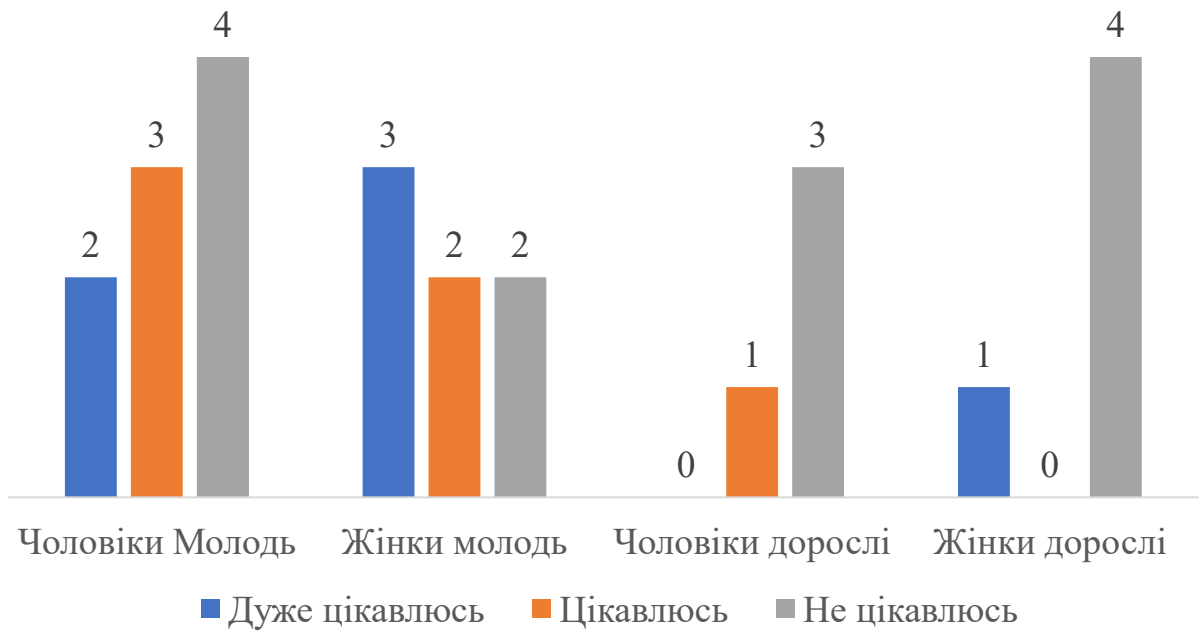


Рисунок 3.16 – Зацікавленість здоровим харчуванням

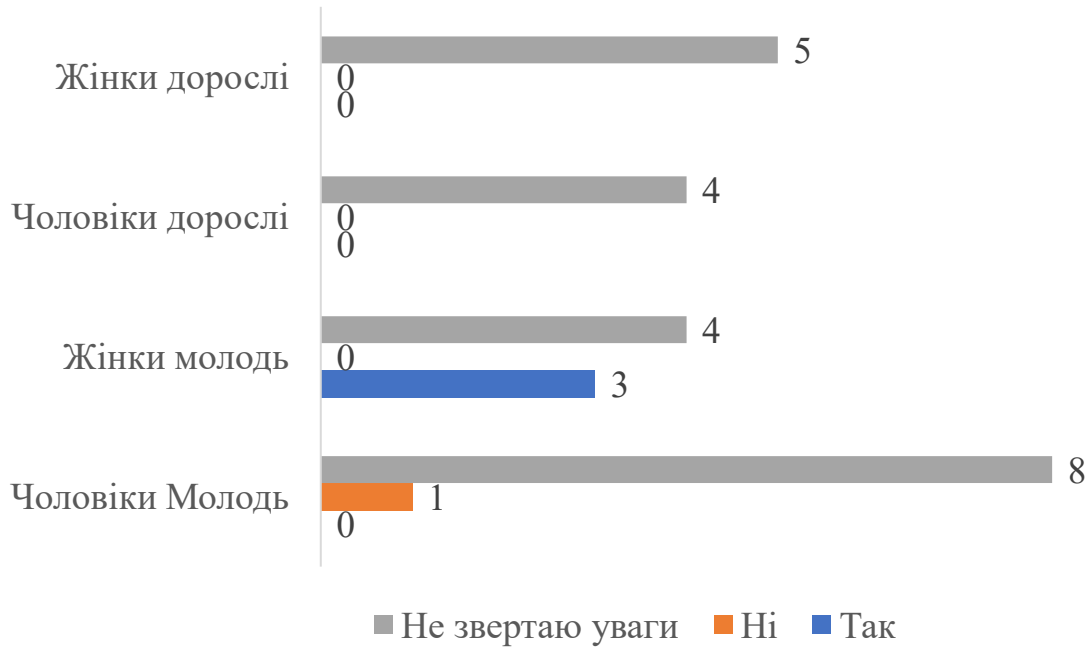


Рисунок 3.17 – Чи вживають люди безглютенову продукцію

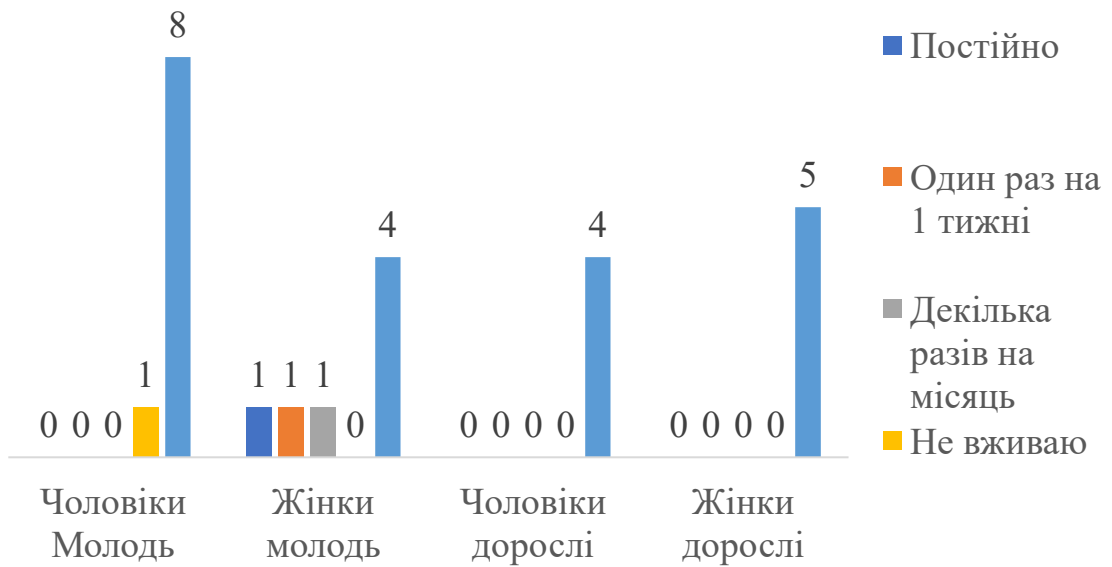


Рисунок 3.18 – Частота вживання безглютенової продукції



Рисунок 3.19 – Хворі на целиацію серед опитуваних



Рисунок 3.20 – Куштування макаронних виробів що не містить глютену

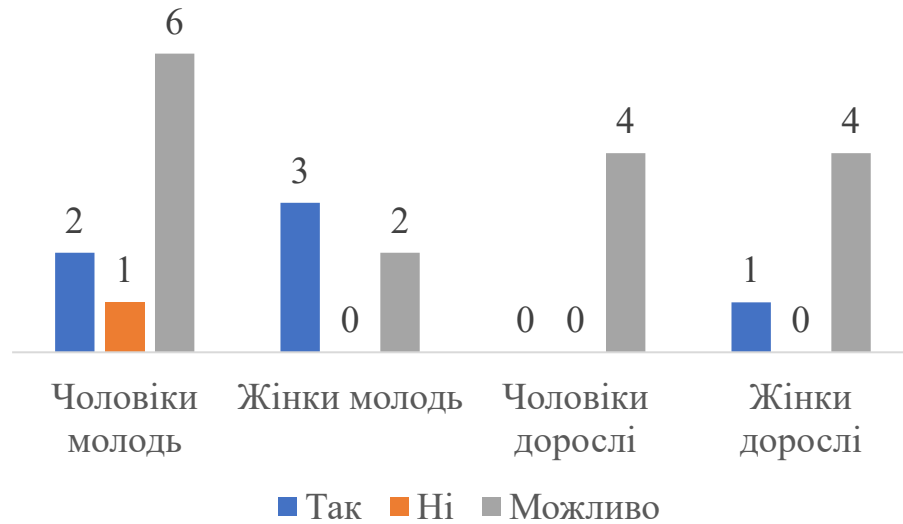


Рисунок 3.21 – Зміна відношення до макаронних виробів з збільшенням їх корисності

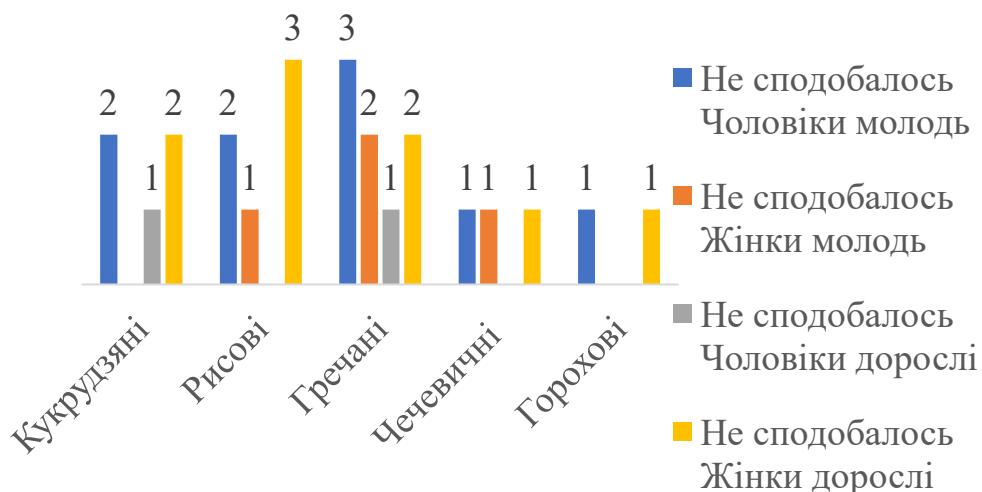


Рисунок 3.22 – Макаронні вироби що не сподобались

З рисунків видно що найбільшу увагу своєму харчуванню приділяють молоді та дорослі жінки. Чоловіки більш нейтрально ставляться до свого харчування, часто обирають їжу в те, що готують їх жінки. Всі опитувані що вживали безглютенові макаронні вироби, відмітили що вироби їм не сподобались, крім однієї дівчини, їй сподобались вироби з рису та кукурудзи.

Респонденти відмітили, що у разі збільшення користі макаронних виробів, вони почнуть вживати їх більше, ніж вживають зараз.

Нами розроблено макет пакування макаронних виробів (рис 3.23), при опитуванні респондентів 88% виявили симпатію до пакування та провели зацікавленість, 12% респондентів виступили проти кольорової гамми пакування.



Рисунок 3.23 – Макет пакування

### Висновки до розділу

Макаронні вироби з амаранту, продукт що націлений на групу споживачів що дбають про своє здоров'я та/або хворіють на целиакию. Згідно проведених дослідів розроблено оптимальну рецептуру виробництва макаронних виробів з цільозернового борошна амаранту. Вона складається з додавання до борошна 15% альбуміну, 0,7% ксантанової та 0,5% гуранової камеді, вологість тіста, при виготовленні слід тримати на рівні  $32 \pm 2\%$ , температура води що вноситься в тісто повинна бути більше  $80^\circ\text{C}$ . Треба зазначити, що за цієї рецептури вироби

мають високі органолептичні, оптимальні фізико-хімічні показники якості, але міцність локшини сильно знижене. Через це пакування даних виробів має бути тверде, що буде захищати вироби від деформації [43].

## 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Целіакія - це імунно-опосередковане захворювання, що характеризується атрофією слизової оболонки тонкої кишки, спровокованою впливом глютену у генетично чутливих осіб [44]. Через це хвора людина значно обмежує своє харчування і повинна довічно сидіти на дієті. Кожна сота людина хвора на целіакію [45]. При цьому хвороба має не лише вплив на травну систему, а й збільшує шанс хвороби на діабет 1-го типу у дітей [46].

Псевдо-крупі (амарант, кіноа, гречка) можуть вважатися хорошою альтернативою іншим, більш часто використовуваним інгредієнтам при целіакії. Крім того, що ці зерна є хорошим джерелом вуглеводів, білка, харчових волокон, вітамінів і поліненасичених жирних кислот, вони містять кількість клітковини, яка вища, ніж в інших рослинних продуктах. Більш того, вони є відносно непоганим джерелом білка, який за кількістю і якістю краще ніж в пшениці. Вміст ліпідів також вище, ніж в іншій рослинній їжі і характеризується більш високою часткою ненасичених жирних кислот (зокрема  $\alpha$ -ліноленової кислоти). Амарант також можуть вважатися хорошими джерелами фолієвої кислоти, рибофлавіну, вітаміну С і вітаміну Е. [47].

При цьому кількість безглютенових продуктів залишається досить обмеженою, особливо на ринку макаронних виробів, що значно обмежує вибір споживачів.

Виготовлення нових макаронних виробів що не містять глютену з амаранту дасть можливість розширити асортимент продукції та забезпечить конкуренцію на ринку.

### 4.1 Організація досліджень

Для виконання роботи розробляється перелік робіт, мережевий графік, розраховується критичний шлях проекту, витрати на проект та його ціна.



#### 4.1.1 План проведення дослідження

Для складання мережевого графіка потрібно розробити план робіт (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – План проведення робіт

Шифр робіт	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{ij}$ , днів
1-2	Аналітичний огляд науково-технічної та патентної інформації	20
2-3	Планування експерименту	2
3-4	Купування сировини	4
4-5	Складання рецептур	1
5-6	Встановлення оптимальної температури води для замісу тіста	1
5-7	Встановлення оптимальної вологості тіста	1
6; 7-8	Виготовлення експериментальних зразків	5
8-9	Визначення втрат при варінні	1
8-10	Визначення кислотності	1
8-11	Визначення вологості	1
8-12	Визначення органолептичних показників якості	1
9; 10; 11; 12- 13	Оформлення результатів дослідження	3
13-14	Написання статті та тез	5
14-15	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	5
15-16	Виконання розділу «Організаційно-економічна частина»	5
16-17	Оформлення дипломної роботи	4
17-18	Узгодження з кафедрою ТЗПСГП	6
18-19	Отримання рецензії	4
19-20	Захист дипломної роботи	1
Всього		71

План дозволяє нам побудувати мережевий графік (рис 4.1) –візуально відображена модель робіт, що містить логічну послідовність виконання досліджень та детально демонструє їх терміни виконання.

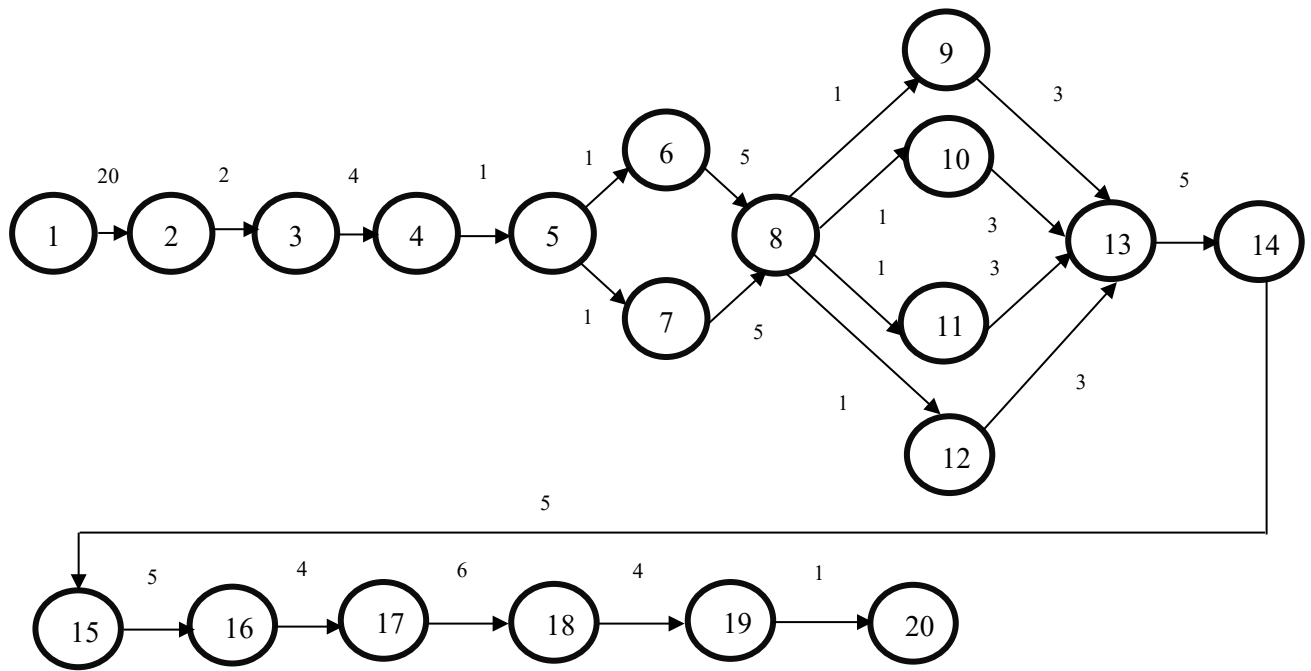


Рисунок 4.1 – Мережевий графік проведення дослідження

Аналіз мережевого графіку допомагає корегувати та покращувати темп виконання всіх етапів роботи. Чисельне вираження графіку спростить його використання та дозволить знайти всі можливі шляхи виконання досліджень. Шлях – послідовна тривалість дій від першої до останньої дії. Для знаходження шляху треба скласти послідовні розрахунки тривалості робіт ( $t_{ij}$ ):

Шлях робіт розраховуємо:

$$L_{1-2-3-4-5-6-8-9-13-14-15-16-17-18-19-20} = 0+20+2+4+1+5+1+3+5+5+5+4+6+4+1=61$$

Оскільки всі роботи проводяться або паралельно або поступово то всі шляхи будуть тривати однаковий термін: 61 день. Максимально тривалий шлях є критичним ( $L_{кр}$ ).

Для оптимізації роботи необхідно врахувати ранній та пізній термін виконання події. Раннім терміном виконання події ( $T_i^p$ ) називають найбільший шлях від початкової події до  $i$ -тої. Пізнім терміном виконання події ( $T_i^n$ ) називають різницю між критичним шляхом і максимальним шляхом від даної події до кінцевої. На основі цих даних вираховують резервний термін здійснення подій і оформлюють результати у табл. 4.2:

$$R_i = T_i^n - T_i^p$$

Таблиця 4.2 – Термін здійснення події

Номер події	$T_i^p$ , дні	$T_i^n$ , дні	$R_i$ , дні
1	20	20	0
2	2	2	0
3	4	4	0
4	1	1	0
5	1	1	0
6	1	1	0
7	5	5	0
8	1	1	0
9	1	1	0
10	1	1	0
11	1	1	0
12	3	3	0
13	5	5	0
14	5	5	0
15	5	5	0
16	4	4	0
17	6	6	0
18	4	4	0
19	1	1	0

Визначають резерв шляху:

а) Повний резерв ( $R_{ij}^n$ ) – найбільша кількість часу, на який можна збільшити роботи і при цьому не перевищувати термін критичного шляху:

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ji}$$

Де,  $t_{ji}$  – загальна тривалість роботи, днів.

б) вільний резерв ( $R_{ij}$ ) - це найбільший термін на який можливо збільшити термін досліду чи відтермінувати їх початок, без зміни ранніх термінів початку подальших робіт.

$$R_{ij}^p = T_j^p - T_i^p - t_{ji}$$

Коефіцієнт напруженості дає можливість розуміти чи є можливість гнкої зміни терміну виконання тієї чи іншої роботи. Формула для визначення коефіцієнта напруженості робіт ( $K_{ij}^H$ ):

$$K_{ij}^H = \frac{L_{max} - t_{ji}}{L_{кр} - t_{ji}}$$

де,  $L_{max}$  – довжина найбільшого шляху, який проходить через дану роботу;

$L_{кр}$  – критичний шлях.

Приведені вище дані оформлюються у вигляді таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку резервів часу

Шифр робіт	Вільний резерв, дні	Повний резерв, дні	Коефіцієнт напруженості
1-2	0	0	1
2-3	0	0	1
3-4	0	0	1
4-5	0	0	1
5-6	0	0	1
5-7	0	0	1
6; 7-8	0	0	1
8-9	0	0	1
8-10	0	0	1
8-11	0	0	1
8-12	0	0	1
9; 10; 11; 12-13	0	0	1
13-14	0	0	1
14-15	0	0	1
15-16	0	0	1
16-17	0	0	1
17-18	0	0	1
18-19	0	0	1
19-20	0	0	1

Аналіз мережевого графіку демонструє, що критичний шлях становить 61 день. Тривалість цих досліджень не перевищує середнього часу дозволеного на розробку макаронних виробів з борошна амаранту. Мережевий графік є оптимальним та рекомендується до впровадження під час виконання робіт.

#### 4.1.2 Витрати пов'язані з проведенням дослідження

Для розрахунку витрат на дослідження необхідно прорахувати їх собівартість. Собівартість – це сума грошей яка були витрачена для реалізації проекту. До неї входять наступні витрати: матеріали, електроенергія, заробітна плата, амортизаційні внески та накладні витрати.

Матеріали розраховують наступним шляхом:

$$M = M_i \times C_i,$$

де:  $M_i$  – кількість матеріалу, що було витрачено;

$C_i$  – ціна за одиницю матеріалу, грн.

Розрахунок необхідної кількості матеріалів і їх вартість приводяться в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Витрати на матеріали

Назва матеріалу	Ціна за 1 кг, грн	Всього використано, кг	Загальні витрати
Борошно амаранту	64	2,68	171,52
Вода	1,5	3	4,5
Альбумін	1055	0,077	81,235
Гуаранова камедь	220	0,044	9,68
Ксантанова камедь	550	0,044	24,2
Яйце куряче	68,5	0,4	27,4
Крохмаль TermFlo	216	0,086	18,576

Продовження табл. 4.4

Крохмаль TermTex	196	0,086	16,856
Кукурудзяний крохмаль	180	0,086	15,48
Всього			369,45

Для нарахування заробітної плати беруть середньомісячний дохід учасників досліджень, знаходять середньочасовий заробіток та множать його на час, який учасник витратив на проект (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Заробітна плата учасників проекту

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Доцент	15000	85,22	22	1874,84
Технік II-ї категорії	6700	39,88	305	12163,69
Всього				14038,53

За кожного працівника необхідно сплатити єдиний соціальний внесок, він становить 22% від заробітної плати

$$H = 14038,53 \times 0,2 = 2807,71 \text{ грн.}$$

Формула для затрат на витрачену електроенергію E:

$$E = M \times K \times T \times a \quad (4.1)$$

де: M – потужність наявного електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт експлуатації потужності ( K = 0,9 );

T – час роботи на обладнанні, год;

a – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

За формулою 4.1 розраховують наступні витрати електроенергії:

Сушильна шафа СЕШ-3МК:

$$E_1 = 1,2 \times 0,9 \times 10 \times 1,68 = 18,14 \text{ грн}$$

Лабораторні ваги:

$$E_2 = 0,01 \times 0,9 \times 4 \times 1,68 = 0,06 \text{ грн}$$

Електросушарка БЕЛОМО:

$$E_3 = 0,5 \times 0,9 \times 63 \times 1,68 = 47,62 \text{ грн}$$

Визначення загальних витрат електроенергії:

$$E_{\text{заг}} = 18,14 + 0,06 + 47,62 = 65,82 \text{ грн}$$

Амортизація устаткування (А, грн), яке було використано при проведенні досліджень

$$A = \frac{\Phi \times H \times t}{100 \times 365}$$

де:  $\Phi$  – вартість устаткування, грн;

$H$  - норма на річну амортизацію, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Розрахунок наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Витрати на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Сушильну шафу СЕШ-3МК	15000	24	1	9,68
Лабораторні ваги	5000	24	5	16,43
Сушильну шафу БЕЛОМО	4900	24	5	16,10
Всього:				42,21

До накладних витрат відносяться витрати на опалення, освітлення, вентиляцію, ремонт та інші господарські витрати. Накладні витрати приймаються на рівні 80% від нарахованої заробітної плати виконавців дослідження:

$$B=14038,53 \times 0.8=11230,82 \text{ грн}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Кошторис робіт

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	369,45
Заробітна плата	14038,53
Нарахування на заробітну плату	2807,71
Електроенергія	65,82
Амортизація	42,21
Накладні витрати	11230,82
Всього	28581,54

#### 4.1.5 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна робота належить до фундаментальних досліджень, тому ціна (Ц, грн) визначалась на основі витрат на дослідження і рентабельності:

$$Ц = C + (P \times C)$$

де: C – витрати на дослідження, грн;

P – нормативна рентабельність (P = 0,3).

$$Ц = 28581,54 + (0,3 \times 28581,54) = 37156,00 \text{ грн}$$

Вартість дослідження становить 37156,00 грн.



## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1 Організація охорони праці в лабораторії освітнього закладу**

Працівники лабораторій піддаються численним потенційним небезпекам, включаючи хімічну, біологічну, фізичну та радіоактивну небезпеку, а також стресам опорно-рухового апарату. Безпека всіх працівників залежить від чітко визначених установок командної роботи і особистої відповідальності. Щоб бути найбільш ефективними, безпека та здоров'я працівника повинно бути на першому місці.

Для збереження здоров'я та життя людини ДДАЕУ запровадив створив умови праці що відповідають законодавчим актам. Кодекс законів України про працю містить в собі правові засади і гарантії на які претендують громадяни України. КЗпП України регулює трудові відносини працівників на всіх засадах, це сприяє збільшенню продуктивності, покращенню якості роботи, збільшує ефективність виробництва і збільшує культурний та матеріальний розвиток працюючих. Всі ці елементи значно зміцнюють соціальні та трудові відносини в колективі чим спонукають людей працювати.

Основним документом є закон України "Про охорону праці" він містить в собі 9 розділів, кожен з яких відповідає за певну ланку безпеки. До розділів входять:

1. Загальні положення
2. Гарантії прав на працівника
3. Організація охорони праці;
4. Стимулювання охорони праці;
5. Нормативно-правові акти з охорони праці;
6. Державне управління охороною праці;
7. Державний нагляд та громадський контроль за охороною праці;
8. Відповідальність за порушення законодавства про охорону праці;
9. Прикінцеві положення.

## 5.2 Аналіз стану охорони праці в харчовій лабораторії

Харчова лабораторія призначена для виготовлення зразків продукції, проведення фізико-хімічних досліджень продукту, напівфабрикатів та сировини, перевірки можливості введення технології виробництва на підприємства тощо.

За техніку безпеки в лабораторії відповідає завідувач лабораторії, він під керівництвом спеціаліста з охорони праці розробляє систему управління охороною праці і слідкує за її чітким дотриманням. Охорона праці націлена на збереження санітарно-гігієнічних норм та безпеки працюючого.

Оскільки працівник повинен нести відповідальність за дотриманням норм охорони праці, то до роботи допускаються робітники котрі досягли повноліття, пройшли підготовку та медичний огляд, мають кваліфікаційне посвідчення, вислухали вступний та первинний інструктаж з охорони праці вивчили правила пожежної безпеки та отримали знання з надання першої медичної допомоги та успішно склали іспит з перевірки вище зазначених знань, отримали знання з електробезпеки та склали іспит з присвоєнням першого рівня електробезпеки.

Також для робітників проводять стажування, якщо стажування не може бути проведена в закладі, то дозволяється проведення інструктажу на спорідненому підприємстві де є всі необхідні умови [48]. 1 раз на 3 місяці для працівників лабораторії проводять повторний інструктаж для забезпечення рівня охорони праці на підприємстві.

Кожному працівнику видається примірник посадової інструкції з охорони праці. В посадовій інструкції зазначено наступні дії:

- Дії корті необхідно зробити до початку роботи;
- Дії під час роботи з обладнанням, реактивами та матеріалами, лабораторним посудом тощо;
- Дії у випадку аварійної ситуації під час роботи;
- Дії після завершення роботи.

При веденні нових правил охорони праці, отримання нового обладнання або модернізації вже існуючого, при перервах на роботу більше 30 діб проводять позаплановий інструктаж. При ліквідації аварійних випадків або при виконанні одноразових робіт робітнику проводиться цільовий інструктаж.

Дотримання інструкцій з охорони праці забезпечить ефективну роботу та безпеку працівника, забезпечить збереження матеріальної бази за рахунок подовження роботи обладнання, збереження його якості та подовження строків використання. Працівник зобов'язаний обережно ставитись до індивідуальних засобів захисту та матеріалів що використовує при проведенні робіт.

Заклад зобов'язаний забезпечити лабораторію вентиляцією, освітленням, каналізацією, протипожежними засобами, а працівника засобами індивідуального захисту та посадовими інструкціями. Робочі поверхні повинні бути зроблені з стійких матеріалів, над ними розміщуються витяжні шафи. Електричні прилади повинні мати заземлення, знаходиться на стійких поверхнях. На приладах що мають відкриті робочі органи повинні бути відповідні наліпки. Після роботи в лабораторії необхідно утилізувати реактиви згідно установлених норм, прибрати за собою робоче місце, вимкнути прилади [49].

### **5.3 Аналіз виробничого травматизму**

Перед початком будь-яких лабораторних робіт слід визначити небезпеки і ризики, пов'язані з експериментом або діяльністю, і вжити необхідних заходів безпеки.

Визначають хімічні речовини, які будуть використовуватися, необхідні кількості та способи їх використання. Розглядають будь-які умови, які могли б створити або збільшити небезпеку. Оцініть небезпеку, яку становлять хімічні речовини, та умови експерименту. Оцінка повинна охоплювати токсичні, фізичні, реактивні, легкозаймисті, вибухонебезпечні, радіаційні та біологічні небезпеки, а також будь-які інші потенційні небезпеки, пов'язані з хімічними речовинами. Визначають обладнання на якому будуть працювати.

Встановлюють фактор ризику та причини його появи, проводять аналіз роботи котрий допоможе знизити фактори ризику. Перевіряють заземлення обладнання, правильність роботи, у разі встановлення невідповідності в стандарті безпеки повідомляють відповідальну особу. Матеріали перевіряють на відповідність строків придатності, візуально оцінюють їх якість. Посуд перевіряють на цілісність та чистоту. Виходячи з аналізованих даних обирають засоби індивідуального захисту та починають працювати.

Одним з підходів до оцінки ризиків є відповідь на ці питання:

1. У чому небезпека?
2. Що найгірше, що могло статися?
3. Що можна зробити, щоб цього не сталося?
4. Що можна зробити для захисту від цих небезпек?
5. Що робити, якщо щось піде не так?

Навіть для речовин, що не мають відомої значної небезпеки, вплив слід звести до мінімуму. При роботі з речовинами, що представляють особливу небезпеку, слід дотримуватися відповідних запобіжних заходів. Всі ці фактори значно знижують шанс отримати травму при роботі і забезпечують здоров'я працівника.

Аналіз травматизму і профзахворюваності призначений для виявлення закономірності травм та зниження їх частоти. Травми пов'язані з виробництвом поділяють на організаційні, технічні і психофізіологічні.

Організаційні причини – не залежать від працівника, пов'язані з недбалим ставленням підприємства до норм охорони праці, невчасне та неповне проведення інструктажів, порушення нормативних документів.

Технічні причини – не залежать від працівника, до них входять конструктивні недоліки обладнання, його поломка, знос засобів індивідуального захисту, не відповідність їх стандарту.

Психофізіологічні причини – залежать від працівника, до них входить неуважність, помилки під час роботи, в тому числі пов'язані з виробничими умовами.

Для проведення аналізу травматизму використовують декілька методів:

✚ Статистичний - вивчення всіх випадків травматизму за останні 3 роки, для встановлення їх точної кількості користуються архівом документів по травматизму і хворобам ( акти Н-1). Для розрахунків використовують статистичну математику, визначають наступні показники:

- Коефіцієнт частоти травматизму  $K_{\text{ч}}$ ,

$$K_{\text{ч}} = T \times 10^3 / N,$$

де  $T$  – кількість травмованих за проаналізований період;

$N$  – середня кількість працюючих;

- Коефіцієнт тяжкості травматизму

$$K_{\text{Т}} = D / T,$$

де  $D$  – загальне число днів непрацездатності за проаналізований період;

- Коефіцієнт частоти захворюваності

$$K_{\text{З}} = 3 \cdot 100 / N,$$

де  $3$  – число захворювань за проаналізований період.

- Коефіцієнт тяжкості захворювань

$$K_{\text{ТЗ}} = D_{\text{З}} / 3,$$

де  $D_{\text{З}}$  – загальне число днів непрацездатності.

При цьому акти Н-1 групуються за ознаками статі, віку, часу травми, стажу, місці травми тощо.

✚ Топографічний – полягає у визначенні місця, де відбуваються травми та аналізування, на якому саме місці відбувається найбільша кількість травм і з яких причин.

✚ Мографічний – вивчення устаткування, реактивів, матеріалів з якими працює робітник, встановлення їх небезпечності, вивчення обставин виникнення.

✚ Економічний – направлений на аналіз витрат підприємства пов'язані з виробничими травмами, ліквідацією аварій, виплати потерпілим та

встановлення ефективності соціально-економічних заходів як системи що забезпечує охорону праці [50].

Для встановлення виробничого травматизму було обрано статистичний метод аналізу. Після отриманих документів встановлено, що у вищому учбовому закладі при роботі у лабораторії відсутні випадки отримання травм працівниками, також підтверджено відсутність випадків професійних хвороб. Проте встановлено необхідність перевірки умов праці (освітлення, метеорологічних умов, тощо) і у разі необхідності поліпшити умови праці.

## **5.4 Заходи з поліпшення охорони праці у господарстві**

Одним з основних факторів успішного дослідження є створення оптимальних метеорологічних умов у лабораторії. Встановлення оптимальних параметрів температури, вологості, швидкості повітря надає не лише захист, комфорт працівнику, а й підвищує ефективність роботи та забезпечує більш тривале зберігання матеріалів та реактивів.

### **5.4.1 Атмосферний тиск**

Атмосферний тиск здатний впливати на самопочуття людини, при його коливаннях у людини може бути запаморочення, слабкість, носова кровотеча. Щоб уникнути цього атмосферний тиск повинен збігатися з тиском в середні організму.

Для виміру тиску використовують барометри. Барометр – прилад що вимірює тиск за рахунок деформації внутрішньої мембрани в залежності від тиску яке оказує навколишню середовище. Барограф – прилад що не просто показує тиск в приміщенні, а й записує всі його зміни протягом певного періоду часу. Тиск вимірюється в міліметрах ртутного стовпчика, його нормальне значення коливається у межах 740-760 мм рт. ст.

Розмістивши барометр у лабораторії і почекавши 1 годину ми отримали значення тиску в 754 мм рт. ст.

#### **5.4.2 Вимірювання температури повітря**

Для виміру температури існують декілька видів термометрів:

Звичайний – вказує температуру повітря в даний момент часу.

Максимальний – вказує максимальну температуру в приміщенні яка була зафіксована. Це відбувається за рахунок звуженого капіляра на місці з'єднання з резервуаром.

Мінімальний – показує найнижчу зафіксовану температуру. Це відбувається за рахунок рухомого штифтика перед капіляром, він і вказує значення.

Парний термометр – він показує істину температуру за рахунок своєї будови, один з термометрів прозорий, а інший чорного кольору що дає можливість відбиватись та поглинатись різним видам випромінювання.

В лабораторії присутній звичайний ртутний термометр, за ним і встановлюємо температуру, вона складає 18 градусів.

#### **5.4.3 Вимірювання вологості повітря**

Вологість – кількість водяної пари у повітрі. Розрізняють абсолютну, максимальну та відносну вологість.

Для виміру вологості повітря в приміщенні зазвичай використовують відносну вологість. Вона демонструє скільки відсотків вологи знаходиться у повітрі.

Відносну вологість розраховують за формулою:

$$W = (A/B_0) \times 100$$

Де: А – абсолютна вологість мм рт.ст.;

B<sub>0</sub> – максимальна вологість при температурі сухого термометра, мм рт.ст.

Абсолютна вологість – кількість вологи в 1 м<sup>3</sup> повітря, вимірюється в мм рт.ст. Визначається за формулою:

$$A = B' - k \cdot (t_c - t_b) \cdot P$$

$B'$  - пружність насиченої пари при температурі "вологого" термометра, мм рт.ст.

$k$  - психрометричний коефіцієнт, що залежить від швидкості руху повітря біля приладу (приймаємо за 0,001).

$P$  - атмосферний тиск за барометром, мм рт.ст.

$t_c, t_b$  – показання «сухого» і «вологого» термометрів за психрометром, °С.

#### 5.4.4 Аналіз метеорологічних показників

Виходячи з отриманих даних складають таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Метеорологічні показники

№ досліду	Тиск у приміщенні, мм рт.ст	Температура, °С	Відносна вологість, %
1	760	21	44
2	748	15	51
Середнє	754	18	47,5

Виходячи з отриманих даних можна зробити висновок що метеорологічні умови відповідають нормам окрім температури. Для поліпшення температурного режиму необхідно налагодити опальну систему.



## **5.5 Розробка інструкції з охорони праці і безпеки праці при роботі з сушильною шафою**

### **Загальні положення**

НПАОП 40.1-1.07-01 "Правила експлуатації електрозахисних засобів" дійсний документ, в ньому наведено засоби захисту при роботі з електроприладами, вимог до їх конструкції, кількість і нормативні результати випробувань, порядок використання і зберігання приладів, норми комплектування захисними засобами обладнання та бригад. Всі засоби індивідуального захисту стандартизуються і перевіряються на відповідність державним стандартом, технічним умовам тощо.

### **Вимоги охорони праці перед початком роботи**

Початок роботи починається з підготовки. При одяганні спецодягу необхідно оглянути його на цілість, забрудненість. Перед роботою необхідно застібнути всі гудзики, зав'язати волосся, одягти головний убір під який буде заховане волосся. Необхідно переконатися що на робочому місці достатня кількість освітлення.

Перед вмиканням приладу оглядають цілісність корпусу обладнання, проводу, переконуються у відсутності надривів, проколів на ізоляції проводу та корпусу обладнання. Перевіряють заземлення обладнання. Діелектричні климки повинні бути сухі, цілісні, чисті, без слідів нагару, деформації. Перевіряється присутність всіх захисних засобів (рукавичок, тигельних щипців, дошки для розміщення гарячих зразків). При виявленні недоліку необхідно терміново повідомити лаборанта та керівника робіт.

### **Вимоги охорони праці під час роботи**

Працівник лабораторії під час роботи повинен:

- Знати як та вміти використовувати лабораторне обладнання за призначенням;
- Знати правила роботи з матеріалами та реактивами що використовуються під час роботи. Знати небезпечність матеріалів, їх рівень токсичності, пожежонебезпеки, їх фізичні та хімічні властивості;
- Використовувати засоби індивідуального захисту згідно їх правил використання;
- Знати алгоритм дій при виникненні пожежі, вміти використовувати засоби пожежогасіння;
- Проводити регулярний огляд справності та цілісності заземлення електричного обладнання;
- Перед використанням невідомих раніше речовин ознайомитися з їх небезпекою, звернутися до керівника робіт за отриманням інструкції.

Під час роботи з електрообладнанням працівникам лабораторії забороняється:

- Працювати з незаземленим обладнанням, торкатись струмопровідних частин, пошкодженої ізоляції;
- Не дозволять розміщати на обладнанні будь-які предмети;
- Сушити на гарячій поверхні обладнанні будь-які речі, якщо обладнання не призначене для цієї роботи;
- Самостійного ремонтувати обладнання, вкривати його корпус, торкатись внутрішніх частин обладнання під час його роботи.

### **Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях**

При виникненні аварійної ситуації працівник повинен:

- Завершити свою роботу, вимкнути прилади, огородити місце аварії якщо прилади це не загрожує життю працівника;

- Необхідно негайно повідомити завідуючого лабораторії та керівника робіт;
- При виникненні пожежі необхідно спробувати загасити пожежу якщо це не загрожує життю, вимкнути вентиляцію, подзвонити в пожежну службу, точно назвати місце виникнення пожежі та що саме горить. При наявності перекрити газовий кран;
- При отриманні травми повідомити завідуючого та керівника робіт, подзвонити в швидку допомогу, надати першу медичну допомогу постраждалому.

### **Вимоги охорони праці після закінчення роботи**

При завершенні роботи необхідно:

- Вимкнути всі прилади, перекрити крани газо- та водоподачі;
- При використанні реактивів необхідно прибрати їх на місце, використані зливи утилізувати згідно санітарних норм, промити лабораторний посуд що використовувався під час роботи, прибрати робоче місце, викинути допоміжні матеріали та одноразові засоби індивідуального захисту;
  - Зняти спецодяг, прибрати у місце його зберігання, попередньо перевіривши його на цілісність та забруднення;
  - Промити руки та обличчя милом, прийняти душ;

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

1. Розроблено мережевий графік роботи, проведено встановлення критичного шляху та коефіцієнтів напруженості роботи.
2. Встановлено, що макаронні вироби з безглютенової сировини мають обмежений асортимент;
3. При виготовленні локшини з безглютенової сировини слід звертати увагу на кількість амілози та амілопектину, температуру клейстрезації, желетенізації, якісь гелю, ретроградацію крохмалю;
4. На якість виробів впливають шляхом технологічних дій (екструзія, відпал, температура води) та рецептурними інгредієнтами (гідроколоїди, білки, ферменти);
5. Досліджено 27 видів рецептур. Встановлено оптимальну температуру замісу тіста, його вологість, оцінено фізико-хімічні та органолептичні показники якості;
6. Найкращою рецептурою за органолептичними та фізико-хімічними показниками є рецептура Ал+Г+К. Вона готується шляхом додавання до борошна 15% альбуміну, 0,7% ксантанової та 0,5% гуранової камеді, вологість тіста, при виготовленні, слід тримати на рівні  $32\pm 2\%$ , температура води що вноситься в тісто повинна бути більше  $80^{\circ}\text{C}$ .
7. Підтверджено, що рецептура Ал+Г+К відповідає ДСТУ 7043:2020 «Вироби макаронні. Загальні технічні умови».
8. Проведено розрахунок собівартості проекту, розраховано його вартість. За отриманими даними встановлено що проект має доцільність виконання.
9. Розглянуто умови охорони праці на підприємстві, проаналізовано виробничий травматизм, встановлено відповідність метрологічних умов, розроблено інструкцію з охорони праці під час роботи з сушильною шафою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. The enthesopathy of celiac patients: effects of gluten-free diet / M. Attenu et al. *Clinical rheumatology*. 2014. Vol. 33, no. 4. P. 537–541. URL: <https://doi.org/10.1007/s10067-014-2534-1> (date of access: 04.12.2022).
2. Marti A., Pagani M. A. What can play the role of gluten in gluten free pasta?. *Trends in food science & technology*. 2013. Vol. 31, no. 1. P. 63–71. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.001> (date of access: 04.12.2022).
3. Kong X., 孔祥礼. Molecular structure and functional properties of amaranthus starch : PG\_Thesis. 2009. URL: <http://hub.hku.hk/bib/B43224210> (date of access: 04.12.2022).
4. Huang Y.-C., Lai H.-M. Noodle quality affected by different cereal starches. *Journal of food engineering*. 2010. Vol. 97, no. 2. P. 135–143. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.002> (date of access: 04.12.2022).
5. Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat / R. Schoenlechner et al. *Plant foods for human nutrition*. 2010. Vol. 65, no. 4. P. 339–349. URL: <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0194-0> (date of access: 04.12.2022).
6. Kahlon T. S., Chiu M.-C. M. Teff, buckwheat, quinoa and amaranth: ancient whole grain gluten-free egg-free pasta. *Food and nutrition sciences*. 2015. Vol. 06, no. 15. P. 1460–1467. URL: <https://doi.org/10.4236/fns.2015.615150> (date of access: 04.12.2022).
7. Sindhu R., Khatkar B. S. Thermal, structural and textural properties of amaranth and buckwheat starches. *Journal of food science and technology*. 2018. Vol. 55, no. 12. P. 5153–5160. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3474-6> (date of access: 04.12.2022).
8. Padalino L., Conte A., Del Nobile M. Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. *Foods*. 2016. Vol. 5, no. 4. P. 87. URL: <https://doi.org/10.3390/foods5040087> (date of access: 04.12.2022).

9. Mohammadi M., Zoghi A., Mirmahdi R. S. Impact of enzymes in development of gluten-free cereal-based products. *Journal of food processing and preservation*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1111/jfpp.15295> (date of access: 04.12.2022).
10. Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta / N. Rosa-Sibakov et al. *LWT - food science and technology*. 2016. Vol. 67. P. 27–36. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.032> (date of access: 04.12.2022).
11. Renzetti S., Rosell C. M. Role of enzymes in improving the functionality of proteins in non-wheat dough systems. *Journal of cereal science*. 2016. Vol. 67. P. 35–45. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.09.008> (date of access: 04.12.2022).
12. Amaranth as a source of antihypertensive peptides / A. E. Nardo et al. *Frontiers in plant science*. 2020. Vol. 11. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.578631> (date of access: 04.12.2022).
13. Use of natural compounds to improve the microbial stability of Amaranth-based homemade fresh pasta / M. A. Del Nobile et al. *Food microbiology*. 2009. Vol. 26, no. 2. P. 151–156. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.10.003> (date of access: 04.12.2022).
14. Skrabanja V., Kreft I. Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (*fagopyrum esculentum*moench) groats. an in vitro study. *Journal of agricultural and food chemistry*. 1998. Vol. 46, no. 5. P. 2020–2023. URL: <https://doi.org/10.1021/jf970756q> (date of access: 04.12.2022).
15. Nutritional properties of starch in buckwheat products: studies in vitro and in vivo / V. Skrabanja et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2001. Vol. 49, no. 1. P. 490–496. URL: <https://doi.org/10.1021/jf000779w> (date of access: 04.12.2022).
16. Rice starch, varietal differences in amylose content of rice starch / V. R. Williams et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 1958. Vol. 6, no. 1. P. 47–48. URL: <https://doi.org/10.1021/jf60083a009> (date of access: 04.12.2022).

17. Zhu F. Buckwheat starch: structures, properties, and applications. *Trends in food science & technology*. 2016. Vol. 49. P. 121–135. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.002> (date of access: 04.12.2022).
18. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches / J. Waterschoot et al. *Starch - Stärke*. 2014. Vol. 67, no. 1-2. P. 14–29. URL: <https://doi.org/10.1002/star.201300238> (date of access: 04.12.2022).
19. Fradinho P., Sousa I., Raymundo A. Functional and thermorheological properties of rice flour gels for gluten-free pasta applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018. Vol. 54, no. 4. P. 1109–1120. URL: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14001> (date of access: 04.12.2022).
20. Qian J., Kuhn M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* Starch. *Starch - Stärke*. 1999. Vol. 51, no. 4. P. 116–120. URL: [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1521-379x\(199904\)51:4%3C116::aid-star116%3E3.0.co;2-r](https://doi.org/10.1002/(sici)1521-379x(199904)51:4%3C116::aid-star116%3E3.0.co;2-r) (date of access: 04.12.2022).
21. Makdoud S., Rosentrater K. A. Development and Testing of Gluten-Free Pasta Based on Rice, Quinoa and Amaranth Flours. *Journal of Food Research*. 2017. Vol. 6, no. 4. P. 91. URL: <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n4p91> (date of access: 04.12.2022).
22. Quinoa starch granules: a candidate for stabilising food-grade Pickering emulsions / M. Rayner et al. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012. Vol. 92, no. 9. P. 1841–1847. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5610> (date of access: 04.12.2022).
23. Marija G., Kreft I. Breakable starch granules in a low–amylose buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) mutant. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2012. No. 1010. P. 258–252.
24. An Evidence-Based Systematic Review of Amaranth (*Amaranthus* spp.) by the Natural Standard Research Collaboration / C. Ulbricht et al. *Journal of Dietary Supplements*. 2009. Vol. 6, no. 4. P. 390–417. URL: <https://doi.org/10.3109/19390210903280348> (date of access: 04.12.2022).

25. Caselato-Sousa V. M., Amaya-Farfán J. State of Knowledge on Amaranth Grain: A Comprehensive Review. *Journal of Food Science*. 2012. Vol. 77, no. 4. P. R93–R104. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x> (date of access: 04.12.2022).

26. Caselato-Sousa V. M., Amaya-Farfán J. State of Knowledge on Amaranth Grain: A Comprehensive Review. *Journal of Food Science*. 2012. Vol. 77, no. 4. P. R93–R104. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x> (date of access: 04.12.2022).

27. United States Department of Agriculture. Nutrient Data Laboratory (USDA). <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/measure.pl>.

28. Caselato-Sousa V. M., Amaya-Farfán J. State of Knowledge on Amaranth Grain: A Comprehensive Review. *Journal of Food Science*. 2012. Vol. 77, no. 4. P. R93–R104. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x> (date of access: 04.12.2022).

29. Angel Huerta-Ocampo J., Paulina Barba de la Rosa A. Amaranth: A Pseudo-Cereal with Nutraceutical Properties. *Current Nutrition & Food Science*. 2011. Vol. 7, no. 1. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.2174/157340111794941076> (date of access: 04.12.2022).

30. FoodData Central. FoodData Central. URL: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168878/nutrients> (date of access: 04.12.2022).

31. Guar gum. Meyler's Side Effects of Drugs: The International Encyclopedia of Adverse Drug Reactions and Interactions. 2006. P. 1562–1563. URL: <https://doi.org/10.1016/b0-44-451005-2/00986-4> (date of access: 04.12.2022).

32. Guar Gum: A Miracle Therapy for Hypercholesterolemia, Hyperglycemia and Obesity / M. S. Butt et al. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2007. Vol. 47, no. 4. P. 389–396. URL: <https://doi.org/10.1080/10408390600846267> (date of access: 04.12.2022).

33. Dietary Xanthan Gum Alters Antibiotic Efficacy against the Murine Gut Microbiota and Attenuates *Clostridioides difficile* Colonization / M. K. Schnizlein et



al. mSphere. 2020. Vol. 5, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1128/msphere.00708-19> (date of access: 04.12.2022).

34. Chicken egg white: Hatching of a new old biomaterial / S. Jalili-Firoozinezhad et al. *Materials Today*. 2020. Vol. 40. P. 193–214. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2020.05.022> (date of access: 04.12.2022).

35. Shirouchi B., Matsuoka R. Alleviation of Metabolic Syndrome with Dietary Egg White Protein. *Journal of Oleo Science*. 2019. Vol. 68, no. 6. P. 517–524. URL: <https://doi.org/10.5650/jos.ess19084> (date of access: 04.12.2022).

36. Jones A. J., Barlow N. PROBLEM NO. 5.24 Worked Engineering Drawing Examples. 2013. P. 12–13. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-012080-5.50007-5> (date of access: 04.12.2022).

37. ДСТУ 7043:2020. Вироби макаронні. Загальні технічні умови. На заміну ДСТУ 7043:2009 ; чинний від 2021-01-01. Вид. офіц. Київ, 2020. 5 с.

38. Dorokhovich V. INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF LOW-CALORIE PASTRY. *Scientific Works of National University of Food Technologies*. 2017. Vol. 23, no. 4. P. 199–206. URL: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-4-26> (date of access: 04.12.2022).

39. Амарант. Таблиця Калорійності. URL: <https://www.tablycjakalorijnosti.com.ua/stravy/amarant> (дата звернення: 04.12.2022).

40. Альбумін (сухий яєчний білок). Таблиця Калорійності. URL: <https://www.tablycjakalorijnosti.com.ua/stravy/albumin-yauechnyy#:~:text=340%20ккал.&text=Значення%20в%20таблиці%20вказано%20на%20100%20г%20їжі>. (дата звернення: 04.12.2022).

41. Ксантанова камідь, KETOSHOP. KETOSHOP – Перший в Україні спеціалізований інтернет-магазин низьковуглеводних КЕТО та LCHF продуктів. URL: <https://ketoshop.com.ua/shop/grocery/dlya-vypечki-desertov/ksantanovaya-kamed/> (дата звернення: 04.12.2022).

42. Харчова добавка Гуаровая Камедь Живи Здорово. Таблиця Калорійності. URL: <https://www.tablycjakalorijnosti.com.ua/stravy/kharchova-dobavka-huarovaya-kamed-zhyvy-zdorovo> (дата звернення: 04.12.2022).

43. Калина В., Родигін О. Макаронні вироби з амарантового борошна. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2022. Т. 13, № 3. С. 57–62.

44. Green P. H., Jabri B. Coeliac disease. *The Lancet*. 2003. Vol. 362, no. 9381. P. 383–391. URL: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(03\)14027-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(03)14027-5) (date of access: 04.12.2022).

45. The prevalence of celiac disease in average-risk and at-risk Western European populations: A systematic review / C. Dubé et al. *Gastroenterology*. 2005. Vol. 128, no. 4. P. S57–S67. URL: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2005.02.014> (date of access: 04.12.2022).

46. Celiac Disease and Risk of Subsequent Type 1 Diabetes: A general population cohort study of children and adolescents / J. F. Ludvigsson et al. *Diabetes Care*. 2006. Vol. 29, no. 11. P. 2483–2488. URL: <https://doi.org/10.2337/dc06-0794> (date of access: 04.12.2022).

47. Nutritional Deficiencies in Children with Celiac Disease Resulting from a Gluten-Free Diet: A Systematic Review / G. D. Nardo et al. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, no. 7. P. 1588. URL: <https://doi.org/10.3390/nu11071588> (date of access: 04.12.2022).

48. Про затвердження Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0095-94#Text> (дата звернення: 04.12.2022).

49. «ДНАОП 80.21-1.06-98. Правила безпеки та поведінки в учбово-виховного процесу в кабінетах (лабораторіях)», 2019. С.11. URL: [https://dnaop.com/html/43093/doc-%D0%94%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%9F\\_80.21-1.06-98](https://dnaop.com/html/43093/doc-%D0%94%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%9F_80.21-1.06-98)

50. Аналіз виробничого травматизму. Навчально-науковий центр перепідготовки та заочного навчання ННЦПЗН НУ "Чернігівська політехніка". URL: [https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/mu\\_ohrana\\_truda/70.html](https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/mu_ohrana_truda/70.html) (date of access: 07.12.2022).

**ДОДАТКИ**